

---

# Bachelorarbeit

---

Herr B.Eng.  
**Ronny Baumann**

**Analyse der Wirtschaftlichkeit  
eines 2 - oder 3 - Schichtbe-  
triebs in Abhängigkeit der  
Stückzahlentwicklung für die  
Fertigung der Türverkleidung  
des Audi Q5**

Mittweida, 2011



## **Bachelorarbeit**

---

# **Analyse der Wirtschaftlichkeit eines 2 - oder 3 - Schichtbe- triebs in Abhängigkeit der Stückzahlentwicklung für die Fertigung der Türverkleidung des Audi Q5**

Autor:

**Herr Ronny Baumann**

Studiengang:

**Maschinenbau**

Seminargruppe:

**MB07w2-B**

Erstprüfer:

**Prof. Dr.-Ing. Uwe Mahn**

Zweitprüfer:

**Dipl.-Ing. (FH) Andre Holzbecher**

Einreichung:

**Mittweida, 26.07.2011**

Verteidigung/Bewertung:

**Mittweida, 2011**



---

## **Bibliografische Informationen**

Baumann, Ronny:

Analyse der Wirtschaftlichkeit eines 2- oder 3-Schichtbetriebs in Abhängigkeit der Stückzahlentwicklung für die Fertigung der Türverkleidung des Audi Q5, -2011 -, 6, 33, 16, S. VII Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Maschinenbau, Bachelorarbeit, 2011

## **Referat:**

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit einem Vergleich der Wirtschaftlichkeit des aktuellen 3-Schichtbetriebs gegenüber einer Abwandlung und einem 2-Schichtbetrieb. Durch eine Leistungsbestimmung der einzelnen Prozesse sollen die Kapazitätsbedürfnisse synchronisiert und die Auslastung optimiert werden, d.h. die Taktzeit wird an den Kundentakt angepasst. Weiterhin soll geprüft werden, ob es bei einer Umstellung auf einen 2-Schichtbetrieb zu einer Verminderung der anfallenden Kosten kommt und eine verbesserte Wirtschaftlichkeit zu erzielen ist.



# I Inhaltsverzeichnis

I	Inhaltsverzeichnis.....	I
II	Abbildungsverzeichnis.....	III
III	Tabellenverzeichnis.....	V
IV	Abkürzungsverzeichnis .....	VII
V	Vorbemerkung.....	IX
1	Einleitung .....	1
1.1	Problembeschreibung .....	1
1.2	Aufgabenstellung .....	2
1.3	Zielsetzung.....	3
1.4	Johnson Controls GmbH & Co. KG .....	3
2	Produktionsbereich der Sequenzfertigung.....	5
3	Prozessablauf in der Sequenzfertigung.....	7
3.1	Das Produkt .....	8
3.2	Kommissionieren.....	9
3.3	Stanzen.....	9
3.4	Heißnieten und Ultraschallschweißen .....	10
3.5	Vormontage Armauflage .....	11
3.6	Endmontage.....	11
4	Grundlagen .....	13
4.1	Wirtschaftlichkeitsprinzip .....	13
4.2	Wirtschaftlichkeit .....	13
4.3	Wirtschaftlichkeitsanalyse .....	14
4.4	Wertstromanalyse .....	14
5	Ist-Analyse der Produktionssituation .....	17
5.1	Datenerhebung für die Ist-Analyse .....	17
5.1.1	Aktuelle Situation der Sequenzfertigung.....	17
5.1.2	Wertstromanalyse für den Bereich der Sequenzfertigung.....	19
5.1.3	Mitarbeiterauslastung in der Sequenzfertigung .....	21
5.2	Erkenntnisse aus der Ist-Analyse .....	22
5.3	Theoretische Basisdaten für ein 2-Schichtsystem .....	22
6	Konzepte.....	23
6.1	2-Schichtbetrieb Konzept 1 .....	23

Inhaltsverzeichnis	II
6.2 3-Schichtbetrieb Konzept 2 .....	25
7 Analyse der Wirtschaftlichkeit .....	27
7.1 Kostenerfassung für den Ist-Zustand .....	27
7.2 Kostenvergleichsrechnung .....	28
7.3 Beurteilung der Wirtschaftlichkeit .....	29
8 Beschreibung des 2-Schichtbetriebs .....	30
8.1 Änderungen des Layouts und Arbeitsinhalten .....	30
8.2 Ausblick auf die Logistik .....	31
9 Zusammenfassung .....	33
10 Anhang .....	35
11 Literaturverzeichnis .....	49
12 Quellenverzeichnis .....	51
13 Erklärung .....	53



## II      **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Übersicht der Sequenzfertigung.....	5
Abbildung 2: Prozessablaufplan der Sequenzfertigung .....	7
Abbildung 3: Türverkleidung linke Vordertür.....	8
Abbildung 4: Bausatz der Türverkleidung (Johnson Controls, 2011, S. Folie 6).....	8
Abbildung 5: Stanzmaschine .....	9
Abbildung 6: Heißnietmaschine .....	10
Abbildung 7: Übergabe von der Heißnietmaschine an die Endmontage .....	11
Abbildung 8: Wertstromdarstellung des Sequenzbereichs (Ist-Zustand).....	20
Abbildung 9: Zykluszeiten der Sequenzfertigung (Ist-Zustand).....	21
Abbildung 10: Zykluszeiten der Sequenzfertigung Konzept 1 .....	24
Abbildung 11: Zykluszeiten der Sequenzfertigung Konzept 2 .....	26
Abbildung 12: Kostenvergleichsrechnung mit Vollkosten.....	28
Abbildung 13: Layout Konzept1 .....	30



### III Tabellenverzeichnis

Tabelle 5-1: Basisdaten Ist-Zustand .....	17
Tabelle 5-2: Direkte Mitarbeiter in der Sequenzfertigung (Ist-Zustand) .....	18
Tabelle 5-3: Basisdaten 2-Schichtbetrieb .....	22
Tabelle 6-1: Direkte Mitarbeiter in der Sequenzfertigung Konzept 1 .....	23
Tabelle 6-2: Basisdaten Konzept 2 .....	25
Tabelle 6-3: Direkte Mitarbeiter in der Sequenzfertigung Konzept 2 .....	25



## IV Abkürzungsverzeichnis

AA	Armauflage
AT	Arbeitstag
C/O	Change Over
C/T	Cycle Time
EPE	Every Part Every
FIFO	First-in-first-out
Fzg.	Fahrzeug
GVZ	Güter-Verteil-Zentrum
HT	Hintertür
JCI	Johnson Controls Interiors GmbH & Co. KG
KT	Kartentasche
KW	Kalenderwoche
kWh	Kilowatt-Stunden
l	Liter
LE	Liefereinheit
m <sup>3</sup>	Kubikmeter
min	Minuten
M/C	Machine Cycle
MV	Maschinenverfügbarkeit
OEM	Original Equipment Manufacturer
OP	Operator
OPF	One-piece-flow
s	Sekunden
TV	Türverkleidung
UPH	Units Per Hour
VM	Vormontage
VT	Vordertür
W	Watt
ZSB	Zusammenbau
ZZ	Zykluszeit



## V Vorbemerkung

Diese Bachelorarbeit entstand in der Zeit vom 26.04.2011 bis 26.07.2011 bei und im Auftrag der Johnson Controls Interiors GmbH & Co. KG am Standort Neustadt a. d. Donau, welcher zum Unternehmensbereich Automotive Experience gehört und als Zulieferer für Audi, BMW u.a., verschiedene Teile der Innen- und Außenausstattung fertigt und zuliefert. Alle firmenspezifischen Daten sind vertraulich zu behandeln und dürfen nicht ohne Genehmigung der Firma Johnson Controls Interiors GmbH & Co. KG veröffentlicht werden.

Ich bin sehr froh und dankbar, dass mir Johnson Controls eine finanzielle Unterstützung bieten konnte, die es mir ermöglichte das Projekt vor Ort persönlich zu begleiten, so dass ich ständig einen sehr praktischen Bezug zu meinen Themenschwerpunkten behielt.

Das Projekt, „Analyse der Wirtschaftlichkeit eines 2- oder 3-Schichtbetriebs in Abhängigkeit der Stückzahlentwicklung für die Fertigung der Türverkleidung des Audi Q5“, war für mich von besonderem Interesse, da ich schon in einem vorherigen Praktikum Erfahrungen im Bereich der Automobilindustrie sammeln durfte.

Mein besonderer Dank gilt meinem Praktikumsbetreuer bei Johnson Controls, Herrn Dipl.-Ing. (FH) Andre Holzbecher sowie den Mitarbeitern im Team für die Unterstützungen und Anregungen zu meiner Arbeit. Ich bedanke mich auch bei meinem Betreuer der Hochschule Mittweida Herrn Prof. Dr.-Ing. Uwe Mahn für die Beachtung meiner Themenauswahl für die Bachelorarbeit.





# 1 Einleitung

Im einleitenden Kapitel werden die Problembeschreibung und die Aufgabenstellung dieser Bachelorarbeit erläutert. Es gibt eine kurze Vorstellung der Johnson Controls GmbH & Co. KG. Darauf folgt ein kurzer Überblick zu den einzelnen Kapiteln dieser Arbeit.

## 1.1 Problembeschreibung

Aus der „Global Automotive Barometer“-Studie von A.T. Kearney und SupplierBusiness geht hervor, dass für das Jahr 2011 weiterhin gute Geschäftsentwicklungen für die Automobilzulieferindustrie zu erwarten sind. Obgleich das Ergebnis positiv ist und die Aussichten gut sind müssen die Unternehmen auch in Zukunft komplizierten Aufgaben gewachsen sein. Eine zentrale Herausforderung der Zulieferindustrie bleibt die Position zwischen Rohmateriallieferanten und Automobilherstellern. Während die Einkaufspreise für die Zulieferer eine weiterhin steigende Tendenz aufweisen, wächst der Preisdruck der OEMs (Original Equipment Manufacturer). Die Mehrheit der Mitte Dezember 2010 befragten Unternehmen erwartet, dass die Preise für alle wichtigen Rohmaterialien im Jahr 2011 im Vergleich zum Vorjahr steigen werden. Als erstrangige Ziele für 2011 stehen die Verbesserungen der Absatzpreise und eine Steigerung der Produktivität. Für eine Optimierung der Kosten- und der Cash Flow-Situation sind Mängel der internen Prozesse zu beseitigen. Von etwa einem Drittel der Befragten werden strategische Aktivitäten, welche die Wertschöpfungstiefe betreffen als wichtig oder sehr wichtig angesehen (vgl. A. T. Kearney, 2011).

Automobilzulieferer, welche qualitativ hochwertige und fortschrittliche Produkte anbieten, sind darauf angewiesen die Preisvorstellungen ihrer Kunden einzuhalten. Auch den hohen Anforderungen der Automobilhersteller an eine kostengünstige Produktion, schnelle Lieferung und hohe Qualität müssen die Zulieferer gerecht werden. Das benötigte Rohmaterial dieser Spitzenprodukte muss teuer beschafft und die Mitarbeiter entlohnt werden. Kostenbewältigung und Innovationsleistung sind die zu nehmenden Hürden. Ein großer Anteil der anfallenden Kosten entsteht in der Fertigung der Produkte. Eine Möglichkeit die Produktionskosten niedrig zu halten ist die Verlagerung der Produktion in ein Land mit niedrig entlohnenden Arbeitskräften. Dies widerspricht jedoch den Vorstellungen der Automobilhersteller, die ihre direkten Zulieferer immer in der Nähe ihrer Produktionsstandorte haben wollen. Eine weitere Möglichkeit Kosten in der Produktion zu sparen ist eine Optimierung der Produktionsabläufe um somit eine Steigerung der Produktivität sowie eine Reduzierung der Bestände zu erreichen. Von geplanten Variierungen der Produktionsabläufe oder des bestehenden Arbeitszeitmodells werden von einem Unternehmen Ergebnisse erwartet, die sich auf die Wirtschaftlichkeit positiv auswirken.

Mit dem Einsatz moderner Methoden und Verfahrensweisen ist man in der Lage effiziente Fertigungsprozesse zu schaffen. Somit ist es möglich qualitativ hochwertige Güter in kürzester Zeit zu produzieren. Das Entwickeln und Umsetzen neuer Lösungen stellt eine hohe Anforderung an alle Mitarbeiter dar. Für das Unternehmen bedeutet es auch in Zukunft als einer der ersten über die Ziellinie zu gehen.

## 1.2 Aufgabenstellung

Die Firma JCI (Johnson Controls Interiors GmbH & Co. KG, Werk Neustadt a. d. Donau) produziert die Türverkleidung des Audi Q5 auf der Fertigungsline AU416 in ihrem Nebenbetrieb in Gaden. Gefertigt wird nach einem Arbeitszeitmodell mit 3 Schichten. Nach einer objektiven Analyse vom Bereich Continuous Improvement wurden Möglichkeiten für eine Optimierung dieser Linie gesehen. Desweiteren wurde die Überlegung angestellt, ob es möglich ist die Sequenzfertigung auf einen 2-Schichtbetrieb umzustellen.

Es soll eine genaue Analyse des aktuellen Schichtbetriebs und der Wertschöpfungskette erfolgen um einen möglichen effizienteren Fertigungsprozess zu gestalten. Hierfür soll der Fertigungsstrom von den Kundenanforderungen zurück bis zum Start der Sequenzfertigung untersucht werden. Es sollen alle wertschöpfenden sowie nicht-wertschöpfende Aktivitäten erfasst werden, die in der Sequenzfertigung notwendig sind um das Produkt durch den Hauptstrom zu bringen. Durch eine Leistungsbestimmung der einzelnen Prozesse sollen die Kapazitätsbedürfnisse synchronisiert und die Auslastung optimiert werden, d.h. die Taktzeit wird an den Kundentakt angepasst. Weiterhin soll untersucht werden, ob es für die Firma JCI, bei einer Umstellung auf einen 2-Schichtbetrieb, zu einer Verminderung der anfallenden Kosten kommt und eine bessere Wirtschaftlichkeit im Vergleich mit dem Ist-Zustand zu erzielen ist. Durch eine Wirtschaftlichkeitsanalyse mit einer Kostenvergleichsrechnung soll eine monetäre Beurteilung folgen. Äußerst wichtig ist hier eine Flexibilität bezüglich der Mitarbeiterbeschäftigung und eine schnelle Reaktionsfähigkeit auf schwankende Absatzzahlen zu gewährleisten.

Für einen optimalen Start und das weitere Bestehen der Fertigungsline AU416 in einem anderen Arbeitszeitmodell ist es notwendig, die für die Sequenzfertigung benötigten Behälter und Halbfertigteile zu ermitteln. Die Kundennachfrage wird auf einen Schrittmacherprozess hin geglättet. Damit wird ein gleichmäßiger Fertigungsprozess über den gesamten Wertstrom hinweg gewährleistet.

Eine Umstellung des bestehenden Schichtbetriebs wird zu einer Umstrukturierung von Personal und Betriebsmittel führen, aus der ein neues Layout-Konzept zu entwerfen ist. Weiterhin werden die Arbeitsvorgänge neu zugewiesen. Durch Verbesserungen der Wertschöpfungskette und einer Umwandlung des Arbeitszeitmodells werden Personalkosteneinsparungen und eine Durchlaufzeitreduzierung erreicht. Desweiteren wird eine Verbesserung des kontinuierlichen Material- und Produktfluss geschaffen.

## 1.3 Zielsetzung

Die vorliegende Arbeit befasst sich im Rahmen der Aufgabenstellung mit einem Vergleich der Wirtschaftlichkeit des aktuellen Schichtbetriebs mit alternativen Varianten. Unterschiedliche Lösungen können unterschiedlich wirtschaftlich sein. Das Kostenverhältnis der Wirtschaftlichkeit zu ermitteln ist Aufgabe der Wirtschaftlichkeitsanalyse.

Das Hauptziel dieser Arbeit ist eine Analyse der Wirtschaftlichkeit, der im Vergleich stehenden Vorhaben, um eine Beurteilung zu treffen, welches davon die geringsten Kosten verursacht.

## 1.4 Johnson Controls GmbH & Co. KG

Das globale Unternehmen Johnson Controls wurde 1885 von Warren Johnson in Milwaukee im US-Bundesstaat Wisconsin gegründet. Heute besteht das Unternehmen aus den Geschäftsfeldern Building Efficiency, Automotive Experience, Power Solutions. Insgesamt hat das Unternehmen 1300 Standorte weltweit und etwa 130000 Mitarbeiter. Der gesamte jährliche Umsatz 2010 beläuft sich auf 34,3 Milliarden US-Dollar. Building Efficiency ist mit 500 Niederlassungen in mehr als 150 Ländern einer der führenden Anbieter von Steuersystemen, Equipment sowie Dienstleistungen für Heizungs-, Klima-, Kühl- und Sicherheitssysteme. Der Geschäftsbereich Power Solution ist der führende Hersteller von Autobatterien auf der ganzen Welt. Hier entstehen Batterien für Automobile und Hybridfahrzeuge. Natürlich bietet auch dieser Bereich ein breites Spektrum an Serviceleistung und ist in fünf Ländern mit Entwicklungs- und Forschungszentren mit innovativen Ideen wie Start- Stop-Funktion beschäftigt. Johnsons Controls Automotive Experience ist ein weltweiter Marktführer in der Entwicklung und Fertigung von Autositzen, Dachhimmelsystemen, Türverkleidungen und Instrumententafeln sowie Elektronik für den Fahrzeuginnenraum. Mit mehr als 200 Standorten weltweit arbeitet das Unternehmen an der Herstellung von Einzelbauteil bis hin zu kompletten Innenraumsystemen. Johnson Controls stattet mehr als 30 Millionen Fahrzeuge pro Jahr aus (vgl. Johnson Controls, Inc., 2011).



## 2 Produktionsbereich der Sequenzfertigung

Mit diesem Kapitel soll ein kurzer Überblick zu dem Bereich der Sequenzfertigung gegeben werden. Die Prozesse und der Weg, welchen die Türverkleidung durchläuft, werden hier benannt.

Der Bereich der Sequenzfertigung hat in der Halle, im Nebenbetrieb Gaden, als internen Zulieferer die Batchfertigung und als Kunden die AUDI AG in Ingolstadt. In der Abbildung 1 ist die Draufsicht der Sequenzfertigung gezeigt. Darin sind die Hauptprozesse, welche die Türverkleidung durchläuft, hervorgehoben.

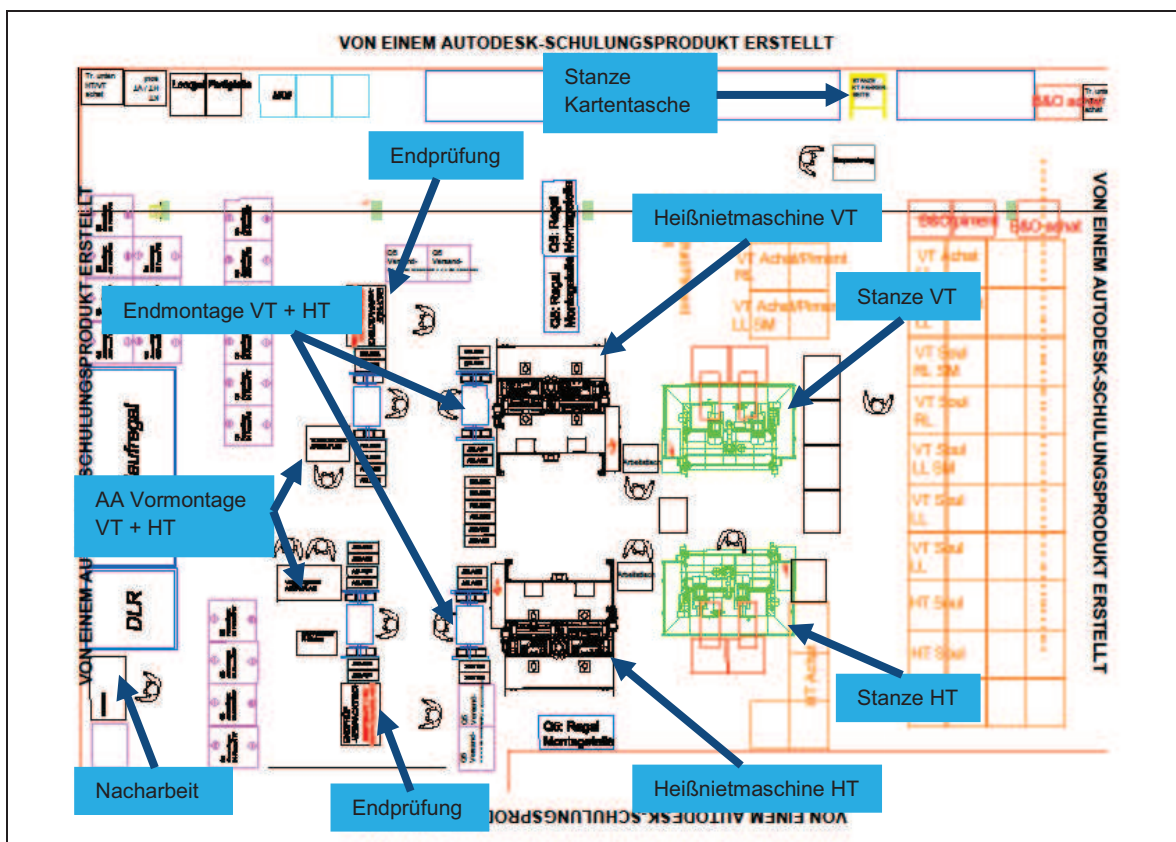


Abbildung 1: Übersicht der Sequenzfertigung

Diese Prozesse werden von den Komponenten, aus denen die Türverkleidung zusammengebaut wird, durchlaufen. Die Träger oben, Träger unten und die Kartentaschendeckel werden nach Sequenzabruf kommissioniert. Bei den Stanzen und Heißenietmaschinen durchläuft jeweils ein Paar den Prozess. In der Vormontage erfolgt der Zusammenbau der Armauflagen nach Sequenz. Die Endmontage montiert die Armauflage mit den vorher zusammengefügt Trägern. Verpackt und kontrolliert werden die fertigen Türverkleidungen in der Endmontage. Die Nacharbeit führt u.a. Reparaturen und Arbeiten durch, die nicht maschinell bearbeitet werden können.



### 3 Prozessablauf in der Sequenzfertigung

In diesem Kapitel wird ein Überblick zu dem Prozessablaufplan der Sequenzfertigung gegeben. Das Produkt wird vorgestellt und die einzelnen Arbeitsstationen mit den Maschinen werden beschrieben.

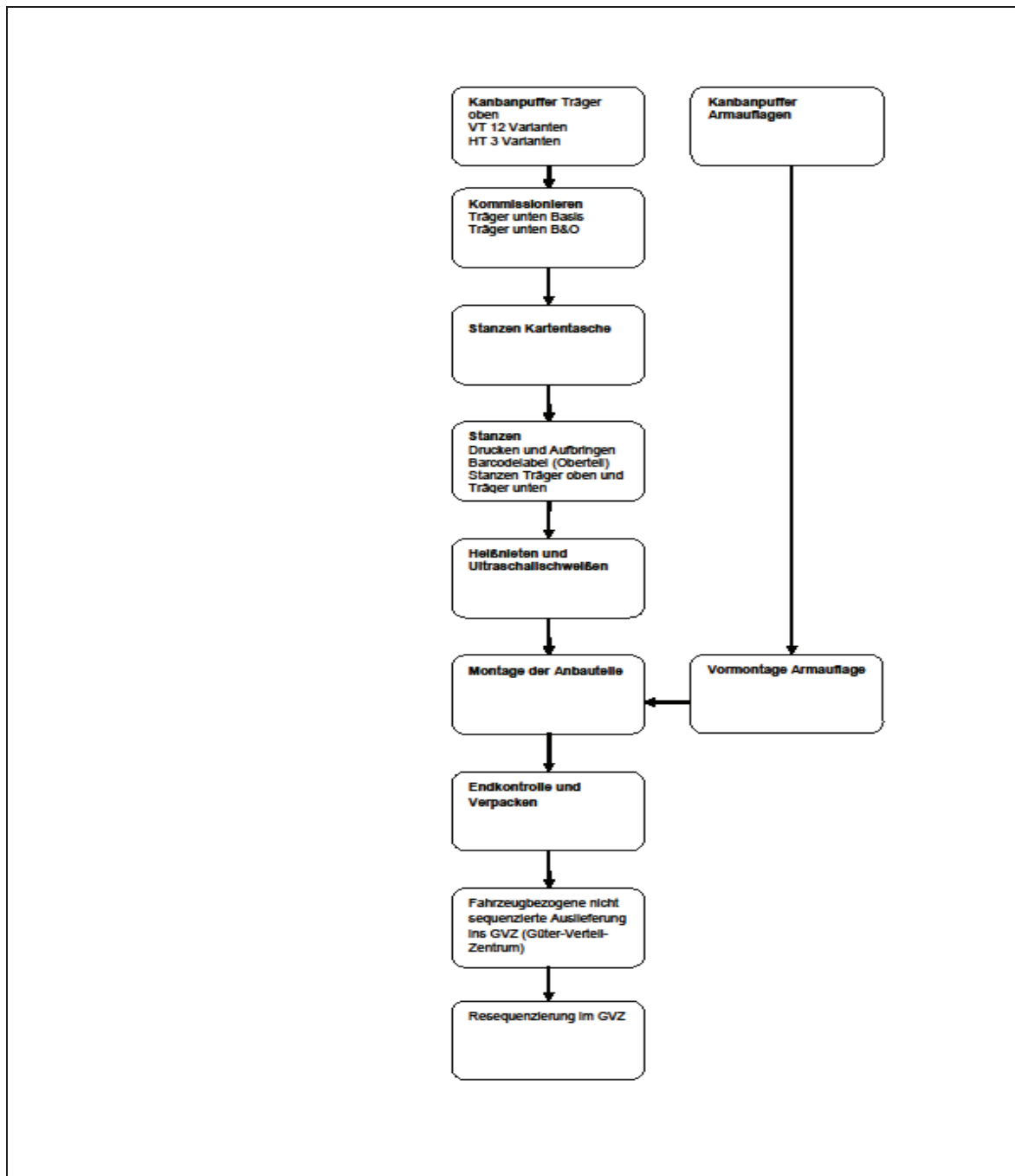


Abbildung 2: Prozessablaufplan der Sequenzfertigung

### 3.1 Das Produkt

Das Produkt ist die Türverkleidung des Audi Q5. In der Abbildung 3 ist diese zu sehen wie sie die Sequenzfertigung verlässt. Die Türverkleidung setzt sich aus den Komponenten Träger oben, Träger unten, Kartentaschendeckel und Armauflage zusammen.



Abbildung 3: Türverkleidung linke Vordertür

Bei allen Zusammenbau-Komponenten handelt es sich um Spritzgussteile. Die Armauflage und Träger oben werden mit einer PVC-Folie überzogen. Diesen Vorgang nennt man kaschieren. Armauflagen, die mit einem Lederbezug ausgestattet sind, werden nicht kaschiert. Träger unten und der Kartentaschendeckel werden nicht kaschiert.

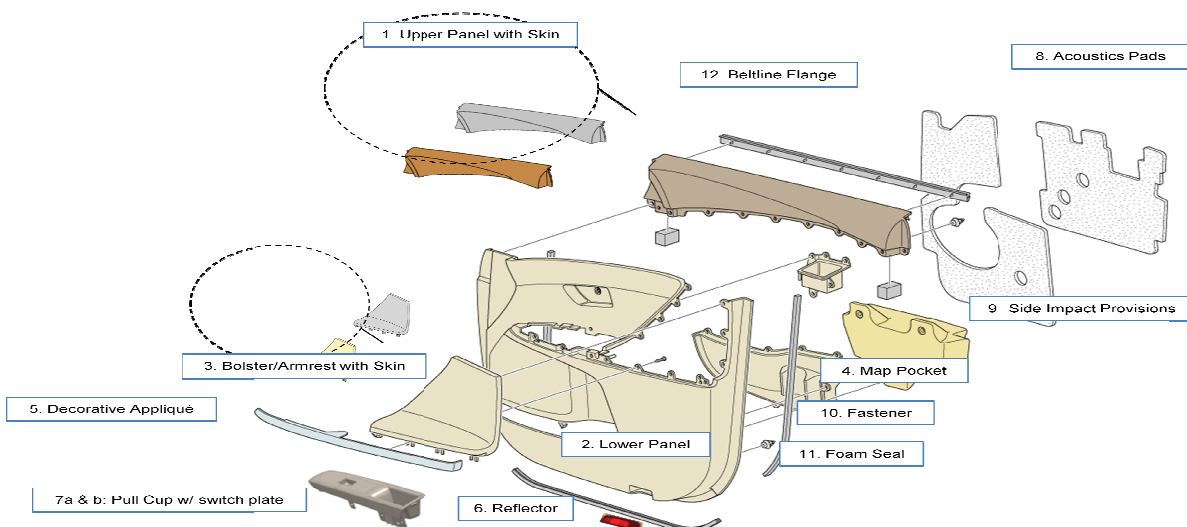


Abbildung 4: Bausatz der Türverkleidung (Johnson Controls, 2011, S. Folie 6)



## 3.2 Kommissionieren

Über einen Drucker wird die Information des B000 Abruf in der Sequenzfertigung mitgeteilt. Mit diesem Abruf beginnt bei Audi der Rohbaustart. Dieser beginnt zwei bis drei Schichten vor der Montagesequenz. Auf diesem Ausdruck befinden sich alle Informationen für die jeweils zu fertigende Variante der Türverkleidung. Zwei Mitarbeiter stellen daraufhin die dafür benötigten Komponenten zusammen und übergeben diese in einem Sequenzierwagen der nächsten Station. Das Stanzen der Kartentaschendeckel erfolgt durch einen der Mitarbeiter. Diese Maschine stanzt eine Öffnung für die Heckklappenentriegelung.

## 3.3 Stanzen

Es stehen sich zwei Stanzmaschinen gegenüber, die von einem Mitarbeiter bedient werden. Eine Stanzmaschine ist für die Bearbeitung der Vordertüren ausgelegt, die andere für die der Hintertüren. Es wird jeweils ein Paar gestanzt, d.h. bei jedem Stanzprozess werden die Türverkleidungen für ein Fahrzeug auf den nächsten Prozess vorbereitet. Die Anlage scannt das auf dem Träger oben aufgebrachte Barcodelabel und stanzt demnach die richtige Variante aus.

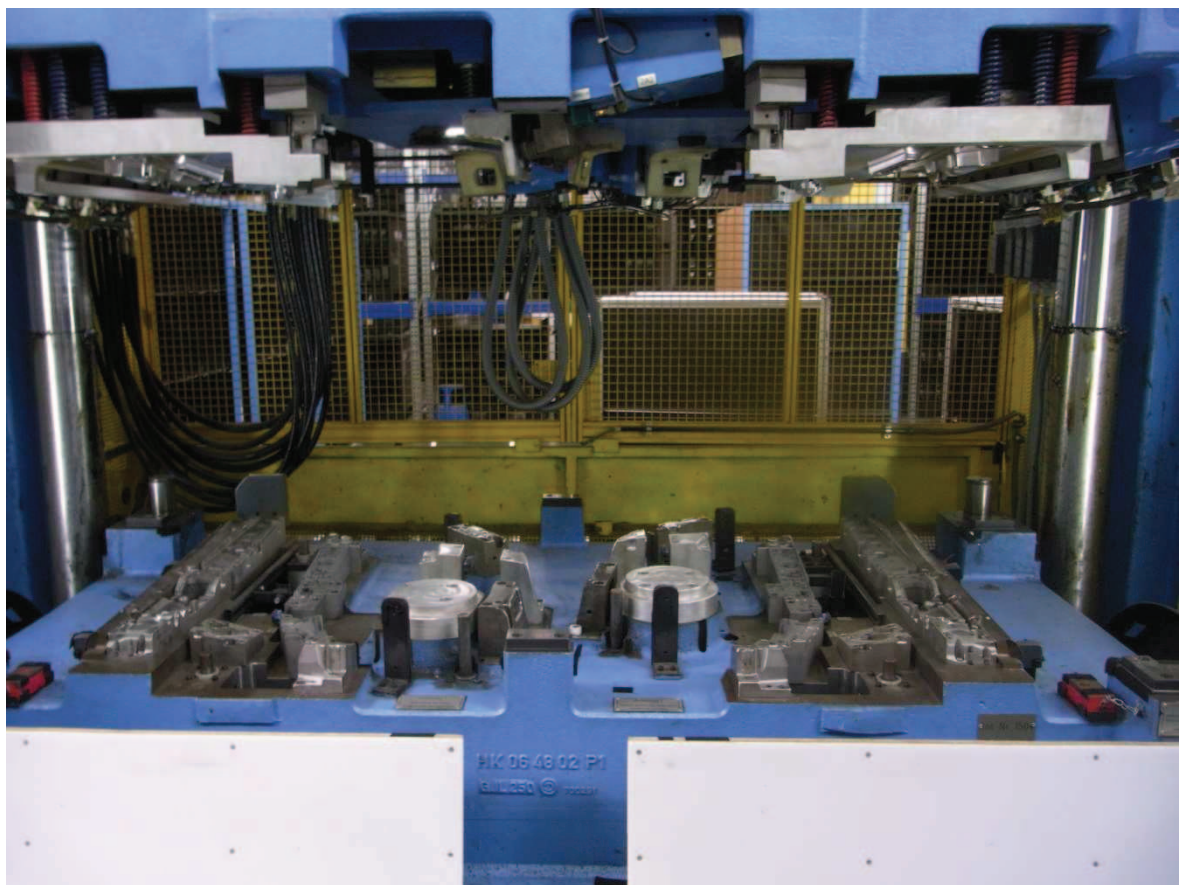


Abbildung 5: Stanzmaschine

### 3.4 Heißnieten und Ultraschallschweißen

Auch bei diesem Prozessschritt sind zwei Maschinen parallel angeordnet. Auf einer Anlage werden die Vordertüren auf der anderen die Hintertüren bearbeitet. Diese Anlagen führen zwei Fertigungsverfahren hintereinander durch. Bei dem ersten werden Träger oben, Träger unten und Kartentaschendeckel mit dem Heinietverfahren zusammengefügt. Dies erfolgt durch Verschmelzung von überstehenden Nietdomen. Ein durch Induktion erhitzter Stempel wird auf diese Nietdomen gedrückt. Das zweite Verfahren verbindet den Träger oben mit der Einhngeleiste. Das geschieht mittels Ultraschallschweißen. Ein Generator erzeugt eine hochfrequente-elektrische Schwingung. Diese wird mit einem Konverter in eine mechanische Schwingung umgewandelt. Auf die Einhngeleiste wird so eine mechanische Energie übertragen. Diese Energie erzeugt eine Druckkraft auf das Werkstück und es entsteht Reibung. Diese Reibung erzeugt so viel Wärme bis der Kunststoff schmilzt und die beiden Komponenten sich zusammen fügen. Die beiden Teile werden mit einem Gebläse gekühlt und werden aus der Anlage entnommen. Auch diese Anlagen sind mit Sensoren und Näherungsschaltern ausgestattet, welche die unterschiedlichen Farb- und Stanzvarianten abfragen und diese mit dem eingelesenen Barcode vergleichen. Somit wird gewährleistet, dass die richtigen Teile miteinander verbunden werden. Beide Maschinen werden von zwei Mitarbeitern geführt, welche die Teile an die Endmontage weiter reichen.

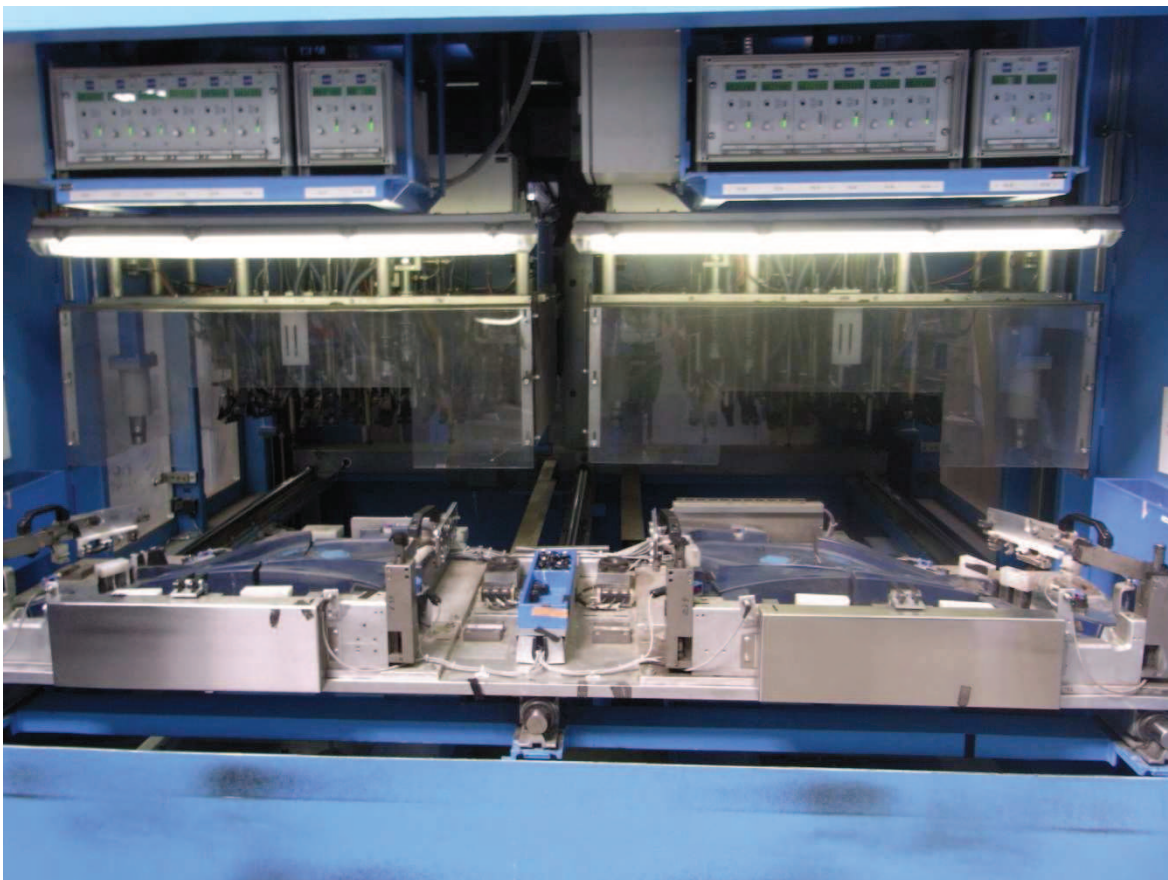


Abbildung 6: Heißnietmaschine

### 3.5 Vormontage Armauflage

Auch diese Station bekommt mit dem B000 Abruf die Informationen, welche Variante zu fertigen ist. Drei Mitarbeiter sind für diesen Prozess zuständig. Die Armauflagen werden mit dem entsprechenden Zuziehgriff, Schalter, Schrauben sowie Kabelbaum vormontiert und an die Endmontage übergeben.

### 3.6 Endmontage

Vier Mitarbeiter besetzen die Endmontage. Für Vorder- und Hintertüren sind jeweils zwei speziell ausgestattete Werkbänke aufgestellt. Hier werden die Kabelbäume für die Schalter verbaut. Der Zuziehgriff sowie die Schalter für Fensterheber, Spiegelverstellung und –heizung werden montiert. Hinzu kommen die zu montierenden Zukaufteile. Lautsprecherblenden, Türinnenbetätigungen, Abdeckblenden und Klemmstücke werden mit der Türverkleidung verschraubt. Darauf folgt die Übergabe an die Endkontrolle und Verpackung, wo die an den Türverkleidungen angebrachten Barcodelabels nochmals gescannt werden und so sicher gestellt wird, dass die abgerufene Türverkleidungsvariante auch produziert und verpackt wurde.



Abbildung 7: Übergabe von der Heißnietmaschine an die Endmontage





## 4 Grundlagen

Dieses Kapitel soll als Grundlage zum besseren Verständnis dieser Bachelorarbeit dienen. In ihm werden Begriffe definiert und Methoden beschrieben um Missverständnisse und offene Fragen im Voraus zu vermeiden.

### 4.1 Wirtschaftlichkeitsprinzip

Das Wirtschaftlichkeitsprinzip, ist ein auf dem Rationalprinzip beruhender Grundsatz eines optimalen wirtschaftlichen Handelns, entweder mit gegebenen Mitteln (wirtschaftlichen Gütern, Produktionsfaktoren) einen möglichst großen Erfolg (Nutzen, Gewinn) zu erzielen (Wirtschaftlichkeit als Maximum-Prinzip) oder ein vorgegebenes Ziel (z. B. ein bestimmtes Wohlstandsniveau, eine bestimmte Gewinnhöhe) mit einem möglichst geringen Aufwand (z. B. Einsatz an Produktionsfaktoren, Geldausgaben) zu erreichen (Wirtschaftlichkeitsprinzip als Minimum-Prinzip) (vgl. Brockhaus, 1994).

### 4.2 Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit ist eine Kennzahl für das Verhältnis zwischen Produktionsergebnis und dem dafür erforderlichen Arbeits-, Personal-, Material- und Finanzaufwand. Die Aufwendungen werden auch als Ressourcen bezeichnet. Eine Produktion ist umso wirtschaftlicher je gewinnbringender sich die Ergebnisse zu den Ressourcen verhalten (absolute Wirtschaftlichkeit) (vgl. Brockhaus, 1994). Nach folgender Formel ist absolute Wirtschaftlichkeit gegeben wenn:

$$\frac{\text{Produktionsergebnis}}{\text{Ressourcen}} > 1$$

Stehen bei einer Planung mehrere Konzepte mit dem gleichen Nutzen zum Vergleich, dann ist die Wirtschaftlichkeit eine Kennzahl für das Aufwand- oder Kostenverhältnis zwischen diesen Konzepten (relative Wirtschaftlichkeit) (vgl. Bronner, 1964). Bei gleichem Nutzen ist ein Konzept 2 gegenüber Konzept 1 relativ wirtschaftlich, wenn:

$$\frac{\text{Kosten Konzept 2}}{\text{Kosten Konzept 1}} < 1$$

### 4.3 Wirtschaftlichkeitsanalyse

Die Wirtschaftlichkeitsanalyse ist ein Instrument zur Umsetzung des Grundsatzes der Wirtschaftlichkeit. Ganz nach den Erfordernissen des Einzelfalls ist bei der Durchführung einer Wirtschaftlichkeitsanalyse das einfachste und wirtschaftlichste Verfahren anzuwenden. Hierfür stehen privatwirtschaftlich und gesamtwirtschaftlich orientierte Methoden zur Verfügung. Die Art der Maßnahme, dem mit ihr verfolgten Zweck und den mit der Maßnahme verbundenen Auswirkungen bestimmt, welche Methode anzuwenden ist.

Privatwirtschaftliche Verfahren sind bei Maßnahmen mit nur geringer finanzieller Bedeutung und bei vernachlässigbaren gesamtwirtschaftlichen Nutzen und Kosten anzuwenden. Hierunter fällt, aus der Betriebswirtschaftslehre, die Investitionsrechnung. Desweiteren gehören alle anderen entscheidungsunterstützenden Rechnungen wirtschaftlicher Aspekte, wie zum Beispiel die Kostenvergleichsrechnung und Produktionsplanung dazu. Die gesamtwirtschaftlichen Verfahren sind immer dann anzuwenden, wenn die privatwirtschaftlichen von den gesamtwirtschaftlichen Kosten und Nutzen durch externe Einflüsse, wie Umweltverschmutzung, oder immaterielle Werte, zum Beispiel Freizeitwert, abweichen. Nutzwertanalysen und Kosten-Nutzen-Analysen zählen zu den gesamtwirtschaftlichen Verfahren (vgl. Brockhaus, 1994).

### 4.4 Wertstromanalyse

Die Wertstromanalyse ist ein Werkzeug zur Dokumentation der Steuerung und Planung des Materialflusses im Produktionsbereich sowie aller wertschöpfenden als auch nicht wertschöpfenden Aktivitäten, die notwendig sind, um ein Produkt durch den Hauptfluss zu bringen. Sie stellt die komplexen betrieblichen Abläufe als übersichtliche und vereinfachte Grafik dar (vgl. Rother & Shook, 2004, S. 3 ff).

Mit ihr wird der Ist-Zustand des Wertstroms aufgenommen und es sollen damit die Ursachen von Verschwendung für die gesamte Fertigung identifiziert werden. Diese sollen durch die Umsetzung eines Soll-Zustands eliminiert werden. Weiterhin können Optimierungsmöglichkeiten aufgezeigt werden. Auf diese Weise können zum Beispiel Durchlaufzeiten reduziert und die Produktivität erhöht werden. Im Rahmen der Aufgabenstellung wird dieses Werkzeug auf den Bereich der Sequenzfertigung angewendet.

Vorteile der Wertstromanalyse zur Erfassung eines Produktionsbereichs:

- Die grafische Darstellung des gesamten Bereichs erlaubt den Überblick auf alle Prozesse und vermeidet die Eingrenzung auf einzelne Problembereiche.

- Durch die übersichtliche Darstellung der technischen Prozesse, des Material- und Informationsfluss mit allen wichtigen Kennzahlen wird es Personen, die nicht unmittelbar an den Prozessen beteiligt sind, ermöglicht, eine Übersicht und ein umfassendes Verständnis des Produktionsbereichs zu geben.
- Durch den relativ groben Detaillierungsgrad wird es ermöglicht, das Wesentliche zu sehen, ohne dabei die Übersicht zu verlieren.
- Mit der Verwendung definierter Symbole wird die innerbetriebliche Kommunikation über Optimierungsvorschläge und Zielsetzung durch Visualisierung der bestehenden Zustände und geplanten Veränderungen verbessert.
- Die Grafik des Wertstroms macht es deutlich, wie gut die Prozesse untereinander kommunizieren und zum Kundenbedarf sowie dem Fertigungsbereich passen, und nicht, wie gut ein einzelner Prozess zu bewerten ist, wenn die Leistungsabhängigkeit auf Grund ihrer Kennwerte unabhängig vom Gesamtzusammenhang beurteilt wird (vgl. Erlach, 2007, S. 37).





## 5 Ist-Analyse der Produktionssituation

Um einen genauen Überblick zu der aktuellen Produktionssituation zu erhalten ist eine profunde Analyse des Ist-Zustands notwendig. Durch sie ist es möglich Soll- / Ist-Abweichungen zu ermitteln, eventuelle Verschwendung zu erkennen und falls gegeben nach deren Ursachen zu suchen. Ihr Ziel ist das Aufzeigen möglicher Verbesserungen im Fertigungsprozess.

### 5.1 Datenerhebung für die Ist-Analyse

Die für diese Bachelorarbeit interessanten Daten wurden durch Befragung, sichten interner Dokumente und Selbstbeobachtung aus den Bereichen des Industrial Engineering, Instandhaltung, Logistik, Produktion und Verbesserungsmanagement zusammengestellt.

#### 5.1.1 Aktuelle Situation der Sequenzfertigung

Momentan wird die Türverkleidung des Audi Q5 von JCI im 3-Schichtbetrieb auf der Fertigungsline AU416 produziert. Die Sequenzfertigung der Linie wurde durch die Arbeitsvorbereitung nach festgesetzten Basisdaten ausgelegt.

Basisdaten	
Fzg. / AT	520 Stück
Fzg. / 1. und 2. Schicht	210 Stück
Fzg. / 3. Schicht	100 Stück
TV / AT	2080 Stück
davon je VT / HT	1040 Stück
Betriebszeit / Schicht	418 min
Takt in 1. und 2. Schicht	1,99 min / Fzg.
	119,40 s / Fzg.
	0,50 min / TV
	30,00 s / TV
Takt in 3. Schicht	4,18 min / Fzg.
	250,80 s / Fzg.
	1,05 min / TV
	63,00 s / TV

Tabelle 5-1: Basisdaten Ist-Zustand

Die Auslegung erfolgte bezüglich der Planung von Audi mit maximal 520 Fahrzeugen pro Arbeitstag. Bei einer gleichmäßigen Verteilung der Stückzahlen auf die 3 Schichten, würde das 173 Fahrzeugen pro Schicht entsprechen. Dieser Fall liegt nicht vor. Von JCI werden in der Früh- und Spätschicht jeweils 210 Sätze produziert. In der Nachtschicht die restlichen, um auf die von Audi geforderte Anzahl zu kommen. Ein Satz entspricht vier Türverkleidungen mit jeweils zwei Vorder- und Hintertüren. Somit kommt man auf die Zahl von 2080 Türverkleidungen pro Arbeitstag. Die reine Arbeitszeit beträgt 418 min. Hierbei sind die Pausen, Maschinenausfall-, Verteil- und Reinigungszeit abgezogen.

Die Taktzeit in der ein Satz zu fertigen ist, ergibt sich aus der Division von Betriebszeit und der Fahrzeuge pro Schicht. Für die Früh- sowie Spätschicht ergibt sich ein Takt von 1,99 min, bei der Nachtschicht 4,13 min pro Fahrzeug. Das lässt die Schlussfolgerung zu, dass in der dritten Schicht weniger Mitarbeiter benötigt werden als in den anderen beiden, da für einen Satz Türverkleidung mehr Zeit zur Verfügung steht.

Für den Bereich der Sequenzfertigung sind jeweils 16 direkte Mitarbeiter in der Früh- und Spätschicht beschäftigt. Dagegen werden in der Nachtschicht, auf Grund der hohen Taktzeit, nur 7 direkte Mitarbeiter benötigt. Es werden schon hier nur die Mitarbeiter berücksichtigt, die unmittelbar an der Fertigung des Produktes beteiligt sind. Die indirekten Mitarbeiter aus der Forschung, Entwicklung, dem Vertrieb und Versand wären bei einer Umstellung auf eine andere Variante des Schichtbetriebs nicht betroffen.

Direkte Mitarbeiter Audi Q5			
	Frühschicht	Spätschicht	Nachtschicht
Kommissionieren/Stanzen	3	3	1
Heißenieten	2	2	1
Vormontage AA	3	3	1
Endmontage TV	4	4	2
Endprüfung	2	2	1
Nacharbeit / Reparatur	1	1	-
GVZ	1	1	1
Summe:	16	16	7
			39

Tabelle 5-2: Direkte Mitarbeiter in der Sequenzfertigung (Ist-Zustand)

### 5.1.2 Wertstromanalyse für den Bereich der Sequenzfertigung

Das Ziel soll die effiziente Erfassung und übersichtliche Darstellung der, in dem Nebenbetrieb Gaden, tatsächlich bestehenden Gegebenheiten sein, um ein korrektes und umfassendes Verständnis der aktuellen Produktionsabläufe zu erlangen.

Die Analyse erfolgte als Momentaufnahme, die den typischen Zustand des Bereichs der Sequenzfertigung darstellt. Der Wertstrom mit seinen wichtigsten Kennzahlen wurde zunächst von Hand und vor Ort skizziert. Ausgehend vom Kunden wurden zuerst der Produktionsfluss und dann der Auftragsfluss durch Befragen, Beobachten, Messen und Zählen dokumentiert. Dazu waren mehrere Durchgänge notwendig.

Als Ergebnis erhielt ich eine transparente und übersichtliche Darstellung des gesamten Wertstroms mit Produktionsprozessen, Material- und Informationsfluss.

In der Abbildung 8 erkennt man den Produktionsfluss von der Vorder- und Hintertür für den Audi Q5 im Bereich der Sequenzfertigung, über das GVZ (Güter-Verteil-Zentrum) bis zur Anlieferung bei Audi in Ingolstadt. Jeder Prozesskasten mit seinen wichtigen Kennzahlen beschreibt einen Prozess. Die Batchfertigung ist hier als produzierender Lieferprozess für den Supermarkt zu sehen. Beide Stanzmaschinen haben eine relativ zügige Taktzeit im Vergleich zu den Heißnietmaschinen. Eine Beschleunigung der Heißnietmaschinen ist vor kurzer Zeit auf eine ZZ (Zykluszeit) von 60 Sekunden erfolgt. Das führte zu einer Optimierung der Durchlaufzeit. Rüstzeiten sind für alle Maschinen nicht vorhanden. Der eingezeichnete Zeitstrahl im unteren Bereich der Abbildung 8 zeigt die Prozesse zwischen wertschöpfenden und nicht wertschöpfenden Aktivitäten. Es ist zu erkennen, dass keine nicht wertschöpfenden Aktivitäten zwischen den Prozessen festgestellt wurden. Das liegt daran, dass die Sequenzfertigung auf den Einzelstückfluss ausgelegt ist. Dieser OPF (One-piece-flow) ist die Grundlage des Fließprinzips. Bei der Aufnahme des Wertstroms wurde festgestellt, dass keine fehlerhaften Teile im Produktionsfluss verbleiben. Diese werden direkt an die Nacharbeit übergeben. Nach der Behebung des Fehlers werden die Teile bei dem darauf folgenden Prozessschritt wieder eingegliedert. Weiterhin ist zu erwähnen, dass die Zykluszeit der Nacharbeit je nach Aufwand und Menge sehr unterschiedlich ausfällt. Die zu bearbeitenden und montierenden Teile werden nach der Bearbeitung sofort an den nächsten Prozess weitergegeben. Dadurch kommt es zu einer maximalen Losgröße Eins, die vor jedem nächsten Prozess bereit liegt. Ein Puffer oder eine Materialansammlung entfällt (vgl. Dickmann, 2007, S. 16). Für die zu montierenden Teile Träger oben, Träger unten, Kartentasche und Armauflage ergeben sich verschiedene Durchlaufzeiten. Das ist darauf zurück zu führen, dass für jedes ZSB-Teil (Zusammenbau-Teil) ein unterschiedlicher Behälter-Kanban zur Verfügung steht. Dieser bildet die Versorgung der Prozesse mit Material aus dem zentralen Lager und der untergeordneten Lieferanten. Die Materialbereitstellung zwischen den Arbeitsplätzen erfolgt nach FIFO (First-in-first-out). Dieses Prinzip wird hier durch zwischengestellte Durchschubwagen erreicht, bei denen die Mitarbeiter dazu gezwungen sind, das erste Teil welches ankommt auch als nächstes zu verarbeiten (vgl. Dickmann, 2007, S. 172 f).

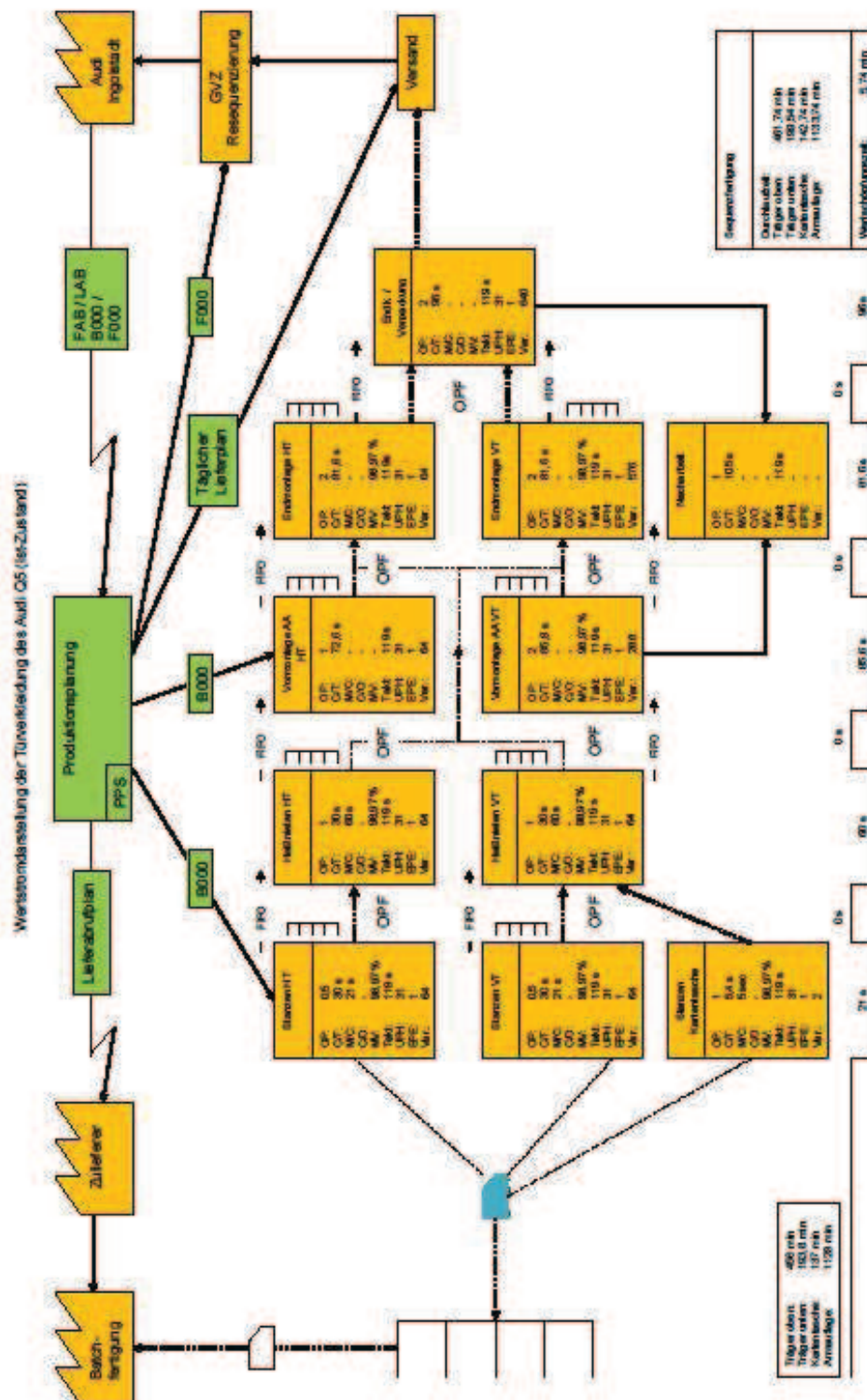


Abbildung 8: Wertstromdarstellung des Sequenzbereichs (Ist-Zustand)

### 5.1.3 Mitarbeiterauslastung in der Sequenzfertigung

Eine Zeiterfassung der einzelnen Arbeitsschritte war nicht nötig. Die aktuellsten Zeitaufnahmen sind vom Stand Oktober 2010. Diese wurden nach REFA aufgenommen und für diese Bachelorarbeit verwendet. Eine vollständige Arbeitsvorgangbeschreibung stand mir als Excel-Arbeitsmappe zur Verfügung. Der Arbeitsplan mit den erfassten Zeiten ist im Anhang A1 dieser Arbeit zu finden. Aus diesem Datenblatt sind die ZZ der Mitarbeiter in einem Diagramm gegenübergestellt um deren Auslastung zu beurteilen.

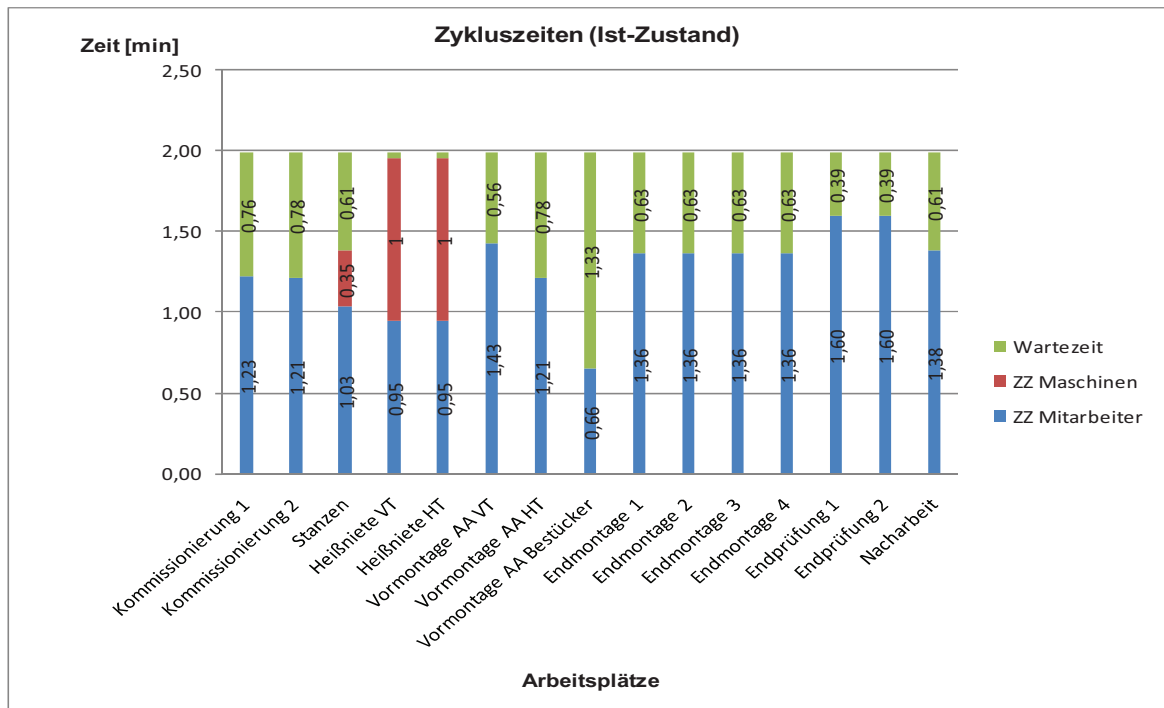


Abbildung 9: Zykluszeiten der Sequenzfertigung (Ist-Zustand)

Die Abbildung 9 zeigt die ZZ der einzelnen Mitarbeiter und Maschinen sowie die Wartezeiten an den Arbeitsplätzen. Daraus werden die Auslastungen der Arbeiter abgeleitet. Im Durchschnitt liegt die Auslastung bei etwa 70%. Bei der Auswertung ist die Auslastung des Bestückers der Vormontage AA (Armauflage) am auffälligsten. Diese beträgt gerade einmal 33% der Taktzeit. Hierbei ist die Möglichkeit einer Optimierung gegeben, indem man die Arbeitsinhalte auf andere Arbeitsplätze mit gleichem Inhalt verteilt. Da es sich bei diesem Mitarbeiter auch um einen Kommissionierer handelt, kommt die Verteilung der Inhalte auf die ersten beiden Arbeitsstationen in Betracht.

## 5.2 Erkenntnisse aus der Ist-Analyse

Die ermittelten Daten aus der Ist-Analyse bilden die Grundlage um nachzuprüfen, ob es überhaupt möglich ist das Produkt in einem 2-Schichtsystem zu fertigen. Durch die Wertstromdarstellung erhält man einen transparenten Überblick, der es ermöglicht den Sequenzbereich näher zu betrachten und an dieser Stelle eventuelle Optimierungsmöglichkeiten zu entdecken. Es ist zu erkennen das JCI mit den modernen Elementen des schlanken Produktionssystem arbeitet und diese auch auf diesen Bereich angewendet hat. Bei einer Umstellung auf einen 2-Schichtbetrieb gelten die gleichen Vorgaben der Stückzahl von 520 Fahrzeugen pro Tag. D.h., dass weniger Zeit für den gleichen Umfang vorhanden ist. Hier stellt sich nun die Frage, welche Bereiche der Sequenzfertigung für eine Durchlaufzeitreduzierung in Betracht kommen. Ein Materialbestand zwischen den Prozessen ist nicht vorhanden und somit fällt dies aus der näheren Betrachtung raus. Im Blickpunkt stehen deshalb die Maschinen und die Arbeitsvorgänge der Mitarbeiter.

## 5.3 Theoretische Basisdaten für ein 2-Schichtsystem

Mit den gewonnenen Daten werden hier jetzt die theoretischen notwendigen Basisdaten für einen 2-Schichtbetrieb ermittelt. Diese sind notwendig um später nachzuprüfen, ob eine Umstellung mit den Maschinenzykluszeiten und den Arbeitsinhalten der Mitarbeiter realisierbar ist. Die geforderte Stückzahl an Fahrzeugen pro Arbeitstag soll bestehen bleiben. Das sind 520 Fzg. / AT bei einer Betriebszeit von 418 min / Schicht und damit 260 Fzg. / Schicht. Die Taktzeit soll dem Kundenbedarf entsprechen. D.h. sie gibt den Zeitraum an, in dem das Produkt bei jedem Prozessschritt entsprechend der Verkaufszahlen bearbeitet bzw. fertiggestellt werden soll (vgl. Rother & Shook, 2004, S. 40). Die Taktzeit wird berechnet, indem man die Betriebszeit pro Schicht durch die zu produzierenden Fahrzeuge teilt.

$$\text{Taktzeit} = \frac{\text{Betriebszeit/Schicht}}{\text{Fzg./Schicht}} = \frac{418 \text{ min}}{260} = 1,60 \text{ min}$$

Basisdaten	
Fzg. / AT	520 Stück
Fzg. / Schicht	260 Stück
Teile / AT	2080 Stück
davon je VT / HT	1040 Stück
produktive Zeit	418 min
Takt	1,60 min / Fzg.
	0,40 min / TV

Tabelle 5-3: Basisdaten 2-Schichtbetrieb

## 6 Konzepte

In diesem Kapitel werden zwei Konzepte vorgestellt. Konzept 1 beschreibt einen 2-Schichtbetrieb und Konzept 2 einen 3-Schichtbetrieb mit gleichmäßiger Stückzahlverteilung. Die Arbeitsvorgänge werden für jedes System so verteilt, dass diese im jeweils vorgegebenen Takt auch zu bewältigen sind. Weiterhin wird für jedes Konzept ein Layout entwickelt, dass als Empfehlung zu betrachten ist und nicht als endgültige Lösung.

### 6.1 2-Schichtbetrieb Konzept 1

Im vorigen Kapitel wurden die Basisdaten für das 2-Schichtsystem bereits ermittelt. Nach diesen geänderten Rahmenbedingungen werden die Arbeitsinhalte auf andere Arbeitsstationen verschoben und an den Takt angepasst. D.h. auch hier wieder, dass das Montagetempo an das Verkaufstempo angepasst wird (vgl. Rother & Shook, 2004, S. 40). Dies ist eine Leitlinie aus dem Lean Management und weil JCI darauf ausgerichtet ist die modernen Elemente des schlanken Produktionssystems anzuwenden, wird auch danach verfahren. Die ZZ werden zur Veranschaulichung der Mitarbeiterauslastung in einem Diagramm, Abbildung 10, grafisch dargestellt. Die Arbeitsvorgangbeschreibung wird durch eine Anpassungsplanung ausgearbeitet. Die Charakteristik dieser Planung liegt durch die Ähnlichkeit zum vorliegenden Arbeitsplan und den veränderten Randbedingungen vor (vgl. Eversheim, 1997, S. 19). Parallel zur Arbeitsplanerstellung erfolgt eine Ausarbeitung eines dazu passenden Layouts. Der Arbeitsplan ist im Anhang A3 einzusehen und das Layout im Anhang A5.

Direkte Mitarbeiter Audi Q5 Konzept 1			
	Frühschicht	Spätschicht	
Kommissionieren/Stanzten	3	3	
Heißenieten	2	2	
Vormontage AA	2	2	
Endmontage TV	4	4	
Endprüfung	2	2	
Nacharbeit / Reparatur	1	1	
GVZ	1	1	
Summe:	15	15	30

Tabelle 6-1: Direkte Mitarbeiter in der Sequenzfertigung Konzept 1



Aus der Tabelle 6-1 ist zu entnehmen, dass sich die Summe der Beschäftigten von 39 auf 30 verringert hat. Durch die Verteilung der Arbeitsinhalte und der veränderten Anordnung der Prozesse im Fertigungsbereich werden für dieses 2-Schichtsystem 15 Mitarbeiter je Schicht benötigt. Bei der neuen Prozessanordnung ist darauf zu achten, dass die Fertigungslinie in der Lage ist, jede Variante zu jeder Zeit herzustellen. Durch das Umstellen der Maschinen und Arbeitsstationen entstehen Kosten, die in der späteren Kostenvergleichsrechnung berücksichtigt werden müssten.

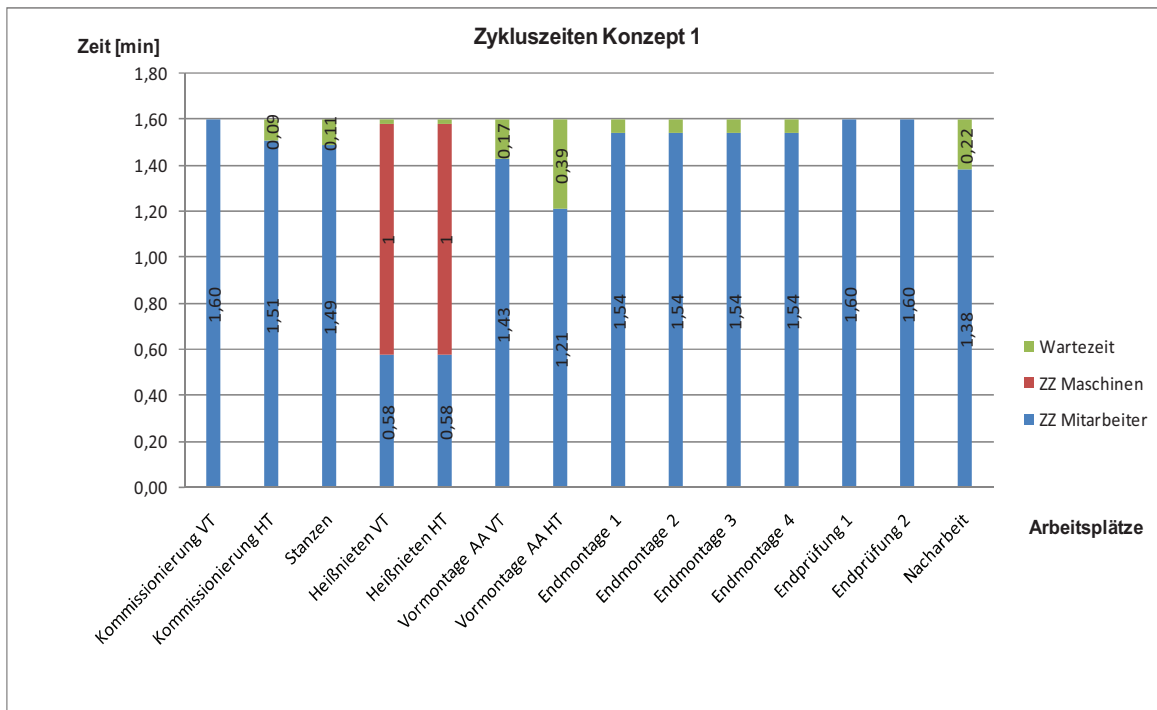


Abbildung 10: Zykluszeiten der Sequenzfertigung Konzept 1

Für die Auslastung der Mitarbeiter in der Sequenzfertigung ergibt sich ein Durchschnitt von 90%. Aus der Abbildung 10 ist aber zu entnehmen, dass drei Beschäftigte zu 100% ausgelastet sind. Das bedeutet, dass diesen keine Möglichkeit gegeben ist auf Zwischenfälle zu reagieren. Daher kommt es zu der Idee für dieses System einen zusätzlichen Arbeiter, als Springer einzusetzen. Dieser findet seinen Einsatz dort, wo eine Aushilfsgerade gebraucht wird.

In der Abbildung 10 wurde für beide Stanzen nur ein Balken eingezeichnet, weil der Mitarbeiter zwei Anlagen führt. Die eingetragene ZZ entspricht der Bedienungszeit für beide Stanzmaschinen. Die ZZ der einen Maschine läuft also parallel zu der Bedienungszeit der anderen.



## 6.2 3-Schichtbetrieb Konzept 2

Das Konzept 2 beschreibt einen 3-Schichtbetrieb mit gleicher Verteilung der Stückzahlen über die Schichten. Pro Schicht sind 173 Fzg. in einem Takt von 2,42 min zu produzieren. Für die Ausarbeitung der Arbeitsvorgangbeschreibung gilt das gleiche wie unter Punkt 4.1 beschrieben. Der dazugehörige Arbeitsplan ist im Anhang A4 und das Layout im Anhang A6. Auch hier wird ein Überblick zu der Auslastung der Mitarbeiter durch ein Diagramm, Abbildung 11, gegeben.

Basisdaten	
Fzg. / AT	520 Stück
Fzg. / Schicht	173 Stück
Teile / AT	2080 Stück
davon je VT / HT	1040 Stück
produktive Zeit	418 min
Takt	2,42 min / Fzg. 0,60 min / TV

Tabelle 6-2: Basisdaten Konzept 2

Bei diesem Konzept verringert sich die Anzahl der Beschäftigten in der Sequenzfertigung um drei auf 36. Das resultiert aus der höheren Taktzeit. Es steht nun mehr Zeit zur Verfügung, in der mehr Arbeitsinhalte zu bewältigen sind und sogar Mitarbeiter an zwei Arbeitsstationen beschäftigt werden können. Auch dieser Entwurf hat zu einer Veränderung der Arbeitsvorgänge und des Layouts geführt und es würden für einen Umbau Kosten anfallen.

Direkte Mitarbeiter Audi Q5 Konzept 2			
	Frühschicht	Spätschicht	Nachtschicht
Kommissionieren	2	2	2
Heißenieten	2	2	2
Vormontage AA/Stanzen	2	2	2
Endmontage TV	2	2	2
Endprüfung	2	2	2
Nacharbeit / Reparatur	1	1	1
GVZ	1	1	1
Summe:	12	12	12
			36

Tabelle 6-3: Direkte Mitarbeiter in der Sequenzfertigung Konzept 2

In der Abbildung 11 ist die geringe Auslastung der Mitarbeiter bei diesem Konzept zu erkennen. Der Durchschnitt beträgt 65% und liegt damit 5% unter der Auslastung des aktuellen Schichtbetriebs. Durch die hohen Wartezeiten kann man natürlich mit Zwischenfällen sehr gut umgehen. Aber dadurch ist auch die Durchlaufzeit erhöht und diese gilt es so weit wie möglich zu reduzieren um eine flexible Produktion zu gewährleisten (vgl. Dickmann, 2007, S. 21).

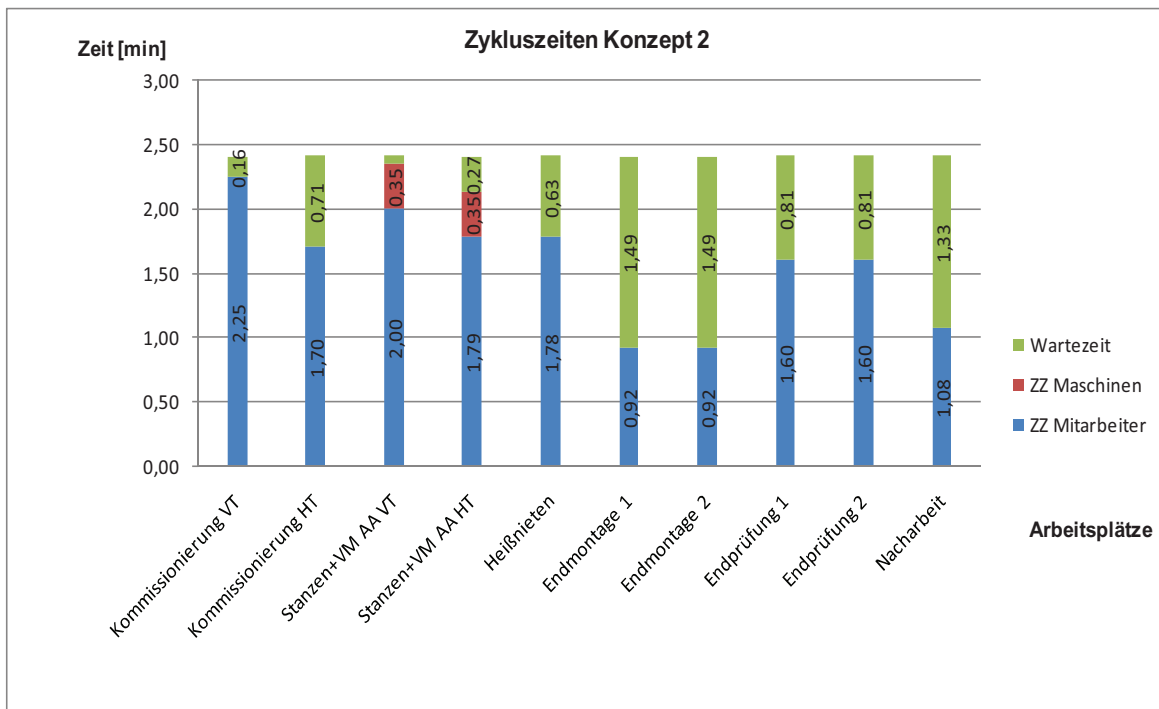


Abbildung 11: Zykluszeiten der Sequenzfertigung Konzept 2

## 7 Analyse der Wirtschaftlichkeit

Dieses Kapitel beinhaltet das Hauptziel dieser Bachelorarbeit. Die vorgestellten Konzepte werden im Hinblick auf ihre Wirtschaftlichkeit mit dem Ist-Zustand und miteinander verglichen, um für die zukünftige Entwicklung der Sequenzfertigung eine Entscheidung zu finden.

### 7.1 Kostenerfassung für den Ist-Zustand

Die relevanten Daten für diese Aufstellung sind die fixen und variablen Kosten. Kapitalkosten, wie Abschreibungen und Zinsen, fallen nicht an, da die Maschinen vollständig abgeschrieben sind. Unter die fixen Kosten fallen die Personalkosten und unter die variablen die Strom- sowie Wasserkosten. Diese werden für ein Kalenderjahr mit 240 Arbeitstagen bestimmt.

Die durchschnittlichen Personalkosten betragen 17,50 € pro Stunde. Mit dem Nachtschichtzuschlag beläuft sich der Durchschnitt auf 19,53 €. Somit ergeben sich für die Sequenzfertigung und deren direkten Mitarbeitern, bei acht Stunden Arbeitszeit und 240 Arbeitstagen im Jahr, Gesamtpersonalkosten in Höhe von 1.334.273,00 €. Dabei ist das Arbeitszeitgesetz zu beachten, das besagt, dass unter die Nachtzeit die Stunden von 23 Uhr und 6 Uhr fallen (vgl. BGBl., 2009, S. 1939). Für die Erfassung der Energiekosten ist die elektrische Leistung der Stanz- und Heißnietmaschinen sowie der Beleuchtung in der Sequenzfertigung zu bestimmen. Die Kosten für Strom betragen 0,11 €/kWh. Bei den Maschinen wurde die elektrische Leistung während des Stillstands und dem Betrieb mit einem Leistungsmesser erfasst. Im Anhang zu finden, sind die Leistungskurven grafisch dargestellt. Bei einer Heißnietmaschine belaufen sich die Energiekosten für 520 Fzg. und drei Schichten auf 92,00 € pro Tag. Das sind 44160,00 € für zwei Heißnietmaschinen in einem Kalenderjahr. Eine Stanzmaschine verursacht Energiekosten von 10,25 € pro Tag und 2.460,00 € im Jahr. Für zwei Stanzmaschinen sind das 4.920,00 € pro Jahr. Für die Berechnung des Energieverbrauchs der Beleuchtung in der Sequenzfertigung werden die Lampen gezählt und mit der Leistungsangabe multipliziert. Somit erhält man die gesamte Leistung pro Stunde. Es sind 182 Lampen mit je 25 Watt. Das sind 2.882,88 € für ein Jahr. Wasserkosten fallen durch die Mitarbeiter beim Hände waschen und der Toilettenspülung an. Für die Berechnung werden durchschnittliche Verbrauchswerte herangezogen. Diese sind für das Waschen 8 l und das Spülen 40 l pro Tag (vgl. Wikipedia, 2011). Da ein Arbeitstag mit acht Stunden ein Drittel eines ganzen Tages entspricht, werden diese Angabe durch drei geteilt. Je Mitarbeiter entspricht das 16 l Wasserverbrauch pro Tag. Somit kommt man auf 138,24 m<sup>3</sup> / Jahr. Es werden 2,56 €/m<sup>3</sup> zu Grunde gelegt. Das führt zu 353,90 € Wasserkosten in einem Kalenderjahr. Letztendlich ergibt sich für den Sequenzbereich eine Summe von 1.383.706,90 € / Jahr.

## 7.2 Kostenvergleichsrechnung

Bei dieser Vergleichsrechnung werden die Konzepte mit dem Ist-Zustand und miteinander verglichen. Daraufhin wird der kostengünstigste Vorschlag bestimmt. Die Voraussetzung für eine Kostenvergleichsrechnung ist dadurch gegeben, dass die vorgestellten Konzepte und der Ist-Zustand leistungsgleich sind (vgl. BHO, 2001).

Die Vorgehensweise der Berechnung ist analog wie bei der Kostenerfassung des Ist-Zustands. Für die beiden Konzepte kommen noch die Umbaukosten dazu. Darunter fallen das Umsetzen der Maschinen, Demontage und Montage der Anschlüsse u.a. Die genaue Aufstellung dieser Kosten ist dem Anhang zu entnehmen.

Bei dem Vergleich der Minderkosten mit dem Ist-Zustand sticht das Konzept 1 deutlich hervor. Diese Minderkosten betragen 22% von der Summe des aktuellen Zustands. Im Vergleich zum Konzept 2 betragen sie noch beachtliche 11% von der Summe des entworfenen 3-Schichtbetriebs. Das sind aber nur monetäre Aspekte. Weiterhin spricht für einen 2-Schichtbetrieb die Reduzierung der Durchlaufzeit.

Mit dem monetären Vergleich sollte die Entscheidungsfindung deutlich vereinfacht werden. Aus diesem Grund ist die Empfehlung, den Betrieb auf einen 2-Schichtbetrieb umzustellen. Sollte es zu dieser Umstellung kommen, dann ist eine weitere Wirtschaftlichkeitsanalyse zur Erfolgskontrolle zu empfehlen.

Kostenarten	Kosten in EUR pro Jahr			
	Konzept 1	Konzept 2	Ist-Zustand	
Personalkosten	1.008.000,00 €	1.146.314,40 €	1.334.273,00 €	
Sachkosten				
Energie (Heißnietmaschinen)	43.320,00 €	44.160,00 €	44.160,00 €	
Energie (Stanzmaschinen)	3.806,40 €	4.920,00 €	4.920,00 €	
Wasser	295,00 €	324,40 €	353,90 €	
Einmalkosten	18.450,00 €	18.450,00 €		
Summe	1.073.871,40 €	1.214.168,80 €	1.383.706,90 €	
Ergebnis Minderkosten im Vergleich zu Ist-Stand	309.835,50 €	169.538,10 €		
Ergebnis Minderkosten	140.297,40 €			

Abbildung 12: Kostenvergleichsrechnung mit Vollkosten

### 7.3 Beurteilung der Wirtschaftlichkeit

Auf Grund der deutlichen Ergebnisse aus der Kostenvergleichsrechnung kann man sagen, dass das Konzept 1 sowie 2 wirtschaftlicher ist, als der Ist-Zustand und Konzept 1 wirtschaftlicher als Konzept 2. Da aber laut Definition aus 4.2 die Wirtschaftlichkeit eine Kennzahl aus dem Kostenverhältnis ist, werden zur Vollständigkeit die Kosten der Varianten in das Verhältnis gestellt.

$$\frac{\text{Konzept1}}{\text{Ist - Zustand}} < 1 \qquad \frac{1.073.871,40}{1.383.706,90} = 0,78 < 1$$

$$\frac{\text{Konzept2}}{\text{Ist - Zustand}} < 1 \qquad \frac{1.214.168,80}{1.383.706,90} = 0,88 < 1$$

$$\frac{\text{Konzept1}}{\text{Konzept2}} < 1 \qquad \frac{1.073.871,40}{1.214.168,80} = 0,88 < 1$$

Mit diesen ermittelten Kennzahlen wird noch einmal gezeigt, dass der 2-Schichtbetrieb im Vergleich zum entworfenen 3-Schichtbetrieb wirtschaftlicher ist. Allgemein ist noch zu sagen, dass bei allen ermittelten Werten die Wirtschaftlichkeit gegeben ist, da der Wert kleiner Eins ist.

## 8 Beschreibung des 2-Schichtbetriebs

Nach der Wirtschaftlichkeitsanalyse erfolgte im Betrieb eine Präsentation der Ergebnisse aus der Kostenvergleichsrechnung und der ausgearbeiteten Konzepte. Darauf wurde sich für den 2-Schichtbetrieb entschieden. Die Entscheidung wurde auf Grund der Personaleinsparung und der damit verbundenen hohen Minderkosten getroffen. Aus diesem Grund befasst sich dieses Kapitel mit einer genaueren Beschreibung des Konzepts 1. Insbesondere wird auf das ausgearbeitete Layout und den damit in Verbindung stehenden Veränderungen eingegangen.

### 8.1 Änderungen des Layouts und Arbeitsinhalten

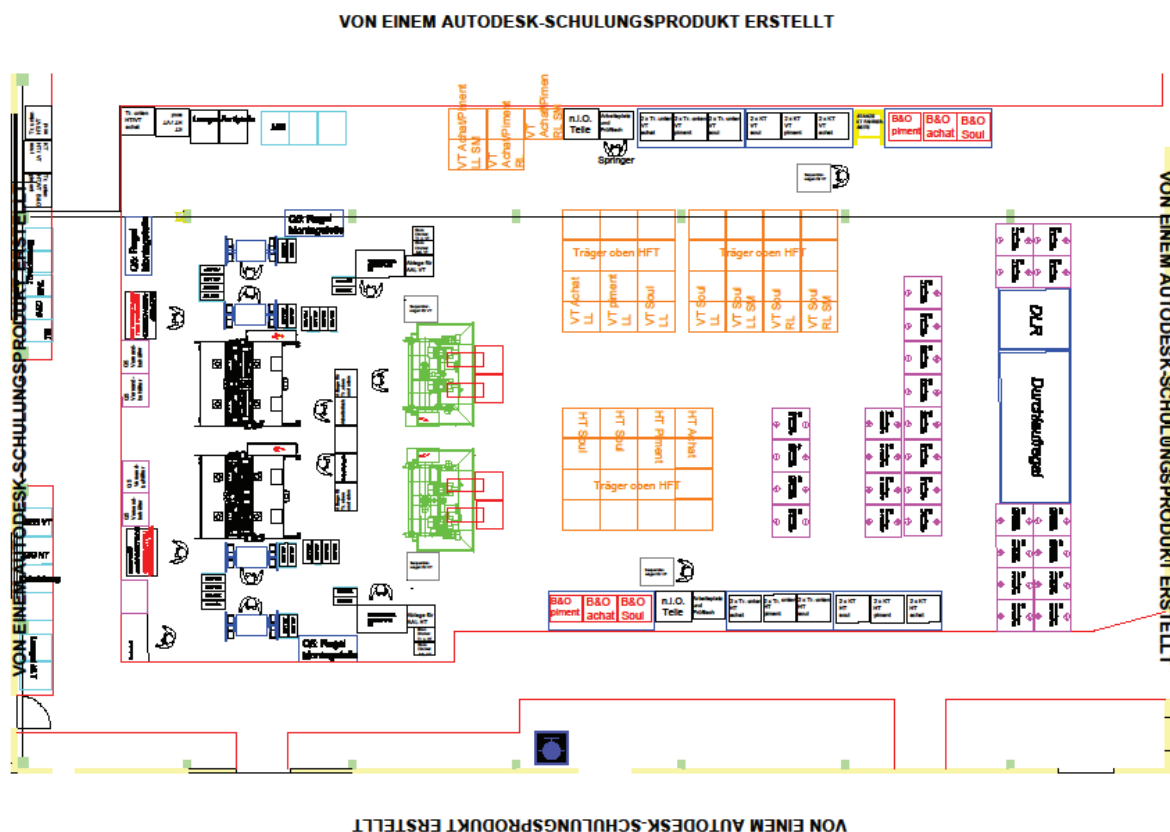


Abbildung 13: Layout Konzept 1

Zwei Mitarbeiter sind weiterhin für das Kommissionieren vorgesehen. Der Unterschied zum Ist-Stand ist, dass beide die Komponenten für die Türverkleidung und die Armauflagen zusammenstellen. Desweiteren ist ein Mitarbeiter für das Zusammenstellen der Teile für die Hintertüren und der andere für die Vordertüren verantwortlich. Daraus ergibt sich eine Umstellung der Sequenziergassen und der Ladungsträger bzw. Kanbanbehälter. Weiterhin ist ein zweiter B000 Drucker erforderlich, da die Barcodelabels

auf alle Träger oben aufgeklebt werden. Somit wird verhindert, dass sich die Mitarbeiter beim Kommissionieren nicht behindern. Da bei diesem Konzept die Teile der Armauflage von dem gleichen Mitarbeiter kommissioniert werden, ist die Empfehlung, zusätzliche Einschubfächer oder eine Ablage an den Sequenzierwagen zu montieren, um für den Mitarbeiter nur einen Rundgang zu gewährleisten. Die Stanz- und Heißnietanlagen sind mit den dazugehörigen Arbeitstischen umzustellen. Vor der Versetzung der Maschinen ist der Boden zu betonieren, um die Standfestigkeit zu gewährleisten. Für einen Übergang oder Probedurchlauf sollten entsprechende Stahlplatten ausreichend sein. Auf die Auslegung wurde im Rahmen der Aufgabenstellung nicht eingegangen. Die drei Maschinenführer stehen nah zusammen, so dass sie sich bei eventuellen Zwischenfällen unterstützen können. Die Übergabe an die Endmontage erfolgt zur Seite. Die Vormontagen Armauflage für Vordertüren und Hintertüren stehen jetzt in einer Linie mit der Endmontage. Die Mitarbeiter der Endmontage werden hier von einer Seite versorgt, so dass eine bessere Übersichtlichkeit gegeben ist. Ein Mangel an Kommunikation unter den Mitarbeitern sollte durch den komplexen Fertigungsbereich nahezu ausgeschlossen sein.

## **8.2 Ausblick auf die Logistik**

Je nach Bedarf werden in der aktuellen Situation 4 oder 5 Lieferungen am Tag in das GVZ gefahren. Aus der Logistik liegt hierfür eine Planung für Anlieferung des Leerguts und Abholung des Vollguts vor. Bei der Anlieferung werden bis zu 78 Versandbehälter des Q5 als Leergut in die Produktion gefahren. Das ist abhängig vom Arbeitsumfang der Vortage im GVZ. Nach Feiertagen, wie Weihnachten oder Neujahr sind weniger Versandbehälter bei der Lieferung vorhanden. Bei der Abholung von Vollgut sind auch bis zu 78 Versandbehälter möglich. Zu beachten ist, dass bei der Abholung noch 12 Paletten mit der Türverkleidung des Audi A3C enthalten sind. Somit sind das 60 Versandbehälter, was 120 Fahrzeugen entspricht.

Für den 2-Schichtbetrieb soll die Abholung nur in der Früh- und Spätschicht erfolgen. Auf Nachfrage in der Logistik wird dieser Gedanke auch vom GVZ unterstützt und gewünscht.

Durch die Veränderungen in der Kommissionierung und der schnelleren Taktzeit werden zusätzliche Behälter für den Kanbanpuffer benötigt. Das betrifft die Träger unten und Kartentaschendeckel.





## 9 Zusammenfassung

Die Bachelorarbeit befasst sich mit der Analyse der Wirtschaftlichkeit eines 2- oder 3-Schichtbetriebs in Abhängigkeit der Stückzahlentwicklung der Türverkleidung des Audi Q5 in der Sequenzfertigung. Weiterhin soll mit der Anwendung von Lean Prinzipien eine mögliche Optimierung der Fertigungslinie aufgezeigt werden. Mit einer Wertstromdarstellung wird ein transparenter Überblick zu der aktuellen Produktionssituation gegeben. Mit einem ausgearbeiteten Konzept wird eine Empfehlung für einen 2-Schichtbetrieb gezeigt.

Um das Prinzip der Wirtschaftlichkeit umzusetzen wird die Wirtschaftlichkeitsanalyse verwendet. Die Wirtschaftlichkeitsanalysen sind zur Planung neuer Handlungen, Durchführung und Abschluss, als Erfolgskontrolle, vorzunehmen. Die Grundlage einer Wirtschaftlichkeitsanalyse ist eine profunde Analyse der Ausgangslage. Diese verschafft einen Überblick zu allen relevanten Kosten. Ist das Ziel oder Vorhaben definiert, wird mit einer Kostenvergleichsrechnung die Wirtschaftlichkeit monetär bewertet.

Die berechneten Minderkosten unterstützen die Empfehlung und Entscheidung für einen 2-Schichtbetrieb. Auch andere Aspekte, wie eine Reduzierung der Durchlaufzeit und engere zueinander gestellte Maschinen sind für die Entscheidung zu erwähnen. Dass die Durchführbarkeit des 2-Schichtbetriebs theoretisch möglich ist, zeigen die Diagramme, welche die wertschöpfenden, nicht wertschöpfenden Tätigkeiten und Wartezeiten aufzeigen. Auch die zu produzierende Stückzahl von 520 Fzg. pro Tag wird beibehalten.

Auch für den Ist-Zustand der Produktionssituation ist eine genaue Analyse für eine eventuelle Optimierung der Fertigungslinie notwendig. Mit den gewonnenen Daten wird ein transparenter Überblick zum Produktionsfluss gegeben. Daraus entsteht eine Wertstromdarstellung mit allen wichtigen Daten, wie Durchlaufzeit, Wertschöpfungszeit und Zykluszeit.

Im ausgearbeiteten Layout sind die Maschinen eng zueinander gestellt, um die Wege der Mitarbeiter kurz zu halten. Hindernisse werden entfernt. Große freie Räume und Flächen, wo sich Prozessrückstände ansammeln könnten, werden vermieden.



## 10 Anhang

Anhang A 1: Legende zur Wertstromdarstellung

Anhang A 2: Arbeitsvorgangbeschreibung und Zeiterfassung des Ist-Zustands ( 1 )

Anhang A 3: Arbeitsvorgangbeschreibung und Zeiterfassung des 2-Schichtbetriebs ( 1 )

Anhang A 4: Arbeitsvorgangbeschreibung und Zeiterfassung des 3-Schichtbetriebs ( 1 )

Anhang A 5: Leistungsverlauf der Heißniet- und Stanzanlagen












Anhang A 6: Umbaukosten

Anhang A 7: Layout Ist-Zustand

Anhang A 8: Layout Konzept 1

Anhang A 9: Layout Konzept 2

## Anhang A 1: Legende zur Wertstromdarstellung

Symbol	Begriff	Bedeutung
	Externe Quellen (Zulieferer, Kunden)	Fabrik des Kunden oder Zulieferers
	Fertigungsprozess mit Datenkasten	Datenkasten mit allen wichtigen Kennzahlen steht für einen Fertigungsabschnitt
	Materialfluss	Symbol für eine Push-Bewegung Material, das produziert und bewegt wird, bevor der nächste Prozess es benötigt
	Manueller Informationsfluss	Produktions- oder Lieferplan
	Elektronischer Informationsfluss	Information welche Variante produziert werden soll Elektronische Datenübertragung
	First-In-First-Out	Das Teil welches als erstes ankommt wird auch zuerst verarbeitet
	One-Piece-Flow	Einzelstückfluss
	Supermarkt	Kontrollierter Bestand dem ein vorgelagerter Prozess als Produktionssteuerung dient
	Produktions-Kanban	Vorrichtung, die einem Prozess vorgibt, wieviel wovon produziert werden soll
	Entnahme-Kanban	Vorrichtung, die dem Materialversorger anweist Teile zu entnehmen und zum Verbraucherpunkt zu transferieren
	Nacharbeit	

## Anhang A 2: Arbeitsvorgangbeschreibung und Zeiterfassung des Ist-Zustands ( 1 )

<b>ARBEITSPLAN SEQUENZFERTIGUNG AUDI Q5 / 3-Schichtbetrieb (Ist-Zustand)</b>		
<b>BASISDATEN</b>		
Fzg. / AT NETTO [Stück]	520	
Betriebszeit [min]	418	
Fzg. / Schicht [Stück]	210	
Kundentakt ohne Ausschuss [min]	1,99	
<b>Bereich</b>	<b>Arbeitsvorgangbeschreibung</b>	<b>te/Fzg. in min</b>
<b>Kommissionierung, OP 1</b>		<b>1,23</b>
	Träger Oben 2 Teile vorlegen 16% LA-L	0,21
	2 Tr. Oben Prüfen; auf AT vorlegen	0,58
	2 Tr. Oben Labeln	0,30
	2 Tr. Oben in TW legen	0,13
<b>Kommissionierung, OP 1</b>		<b>1,21</b>
	Sequenzwagen tauschen, Weg 1 für 2 Fzg.	0,12
	Sequenzwagen bestücken 37% LA-L 2 Fzg.	0,48
	Stanzen KT 100% Anteil = 2 Teile	0,09
	FILZEN TRÄGER UNTEN VT VERSCHIEBEN	0,46
	Weg zur Stanze für 2 Fzg.	0,06
<b>STANZEN BE -ENTSTÜCKEN, OP 1</b>		<b>1,03</b>
( PZ 21sek./Paar)	-2 EA Tr- Unten entstücken, Weg, auf AT ablegen, Weg Stanze	0,11
	-2 EA Tr- Oben entstücken, Weg, in TW ablegen, Weg	0,11
	-2 EA Tr- Unten auf Stanzwerkzeug positionieren	0,07
	-2 EA Tr- Unten im Stanzwerkzeug nachdrücken	0,06
	-2 EA Tr- Oben aus TW nehmen, Weg, auf Stanzwerkzeug positionieren	0,08
	-2 EA Tr- Oben im Stanzwerkzeug nachdrücken	0,07
	Prozess auslösen ( Prozesszeit 21sek.)	0,02
	-2 EA Tr-Unten Filzen	0,00
<b>HEISSNIETEN MIT ZWEI MITARBEITER, OP 2</b>		<b>0,95</b>
<b>(PZ:VT 60sek./HAT 60sek.)</b>		
	- TV aus Werkzeug nehmen, in TW stellen	0,17
	- Weg AT-Wz; Heissniet Wz. Bestücken mit Träger Oben,	0,2
	+ Weg Wz.-AT-Wz. Träger unten mit vorgesteckter Kartentasche einlegen	
	-EHL positionieren, verriegeln , Prozeß auslösen	0,12
	-Bereitgestellten Träger unten u. KT fügen	0,09
	- Filze 2EA aufbringen Tr. Oben VT	0,37
<b>VORMONTAGE ARMAUFLAGE, OP 3</b>		<b>1,43</b>
	Prüfen, stempeln, reinigen,rep	0,46
	Schalter fügen	0,18
	Kabel fügen	0,14
	GS fügen	0,12
	Schalter , Kabel fügen,	0,10
	GS fügen	0,09
	Verschrauben	0,19
	Labeln bereitstellen	0,15
	<b>VORMONTAGE ARMAUFLAGE HT</b>	<b>1,21</b>
	Label 4 Fzge. Vorlegen	<b>0,66</b>
	Bestücken Servierwagen mit 4 Fzge.	0,35
	GS	0,54
	Kabel	0,60
	AL	0,83
	Behälterwechsel im Schnitt 3 KLT	0,3

## Arbeitsvorgangbeschreibung und Zeiterfassung des Ist-Zustands ( 2 )

<b>ENDMONTAGE TÜRVERKLEIDUNG, OP 4</b>		<b>1,36</b>
	-TV holen, in EMG positionieren	0,09
	AA holen	0,08
	AA -Kabel durchführen, AA positionieren	0,16
	Verliersicherung clipsen	0,04
	Tib positionieren	0,07
	EMG verriegeln, EMG drehen	
	Kabel AA fixieren	0,04
	Abdeckung auflegen	0,06
	Leuchte stecken	0,02
	AA + Abdeckung verschrauben	0,44
	Clipse fügen	0,28
	EMG drehen, entriegeln, Tv entnehmen	0,07
	zur EP bereitstellen	
<b>Endprüfung, OP 2</b>		<b>1,60</b>
	Endprüfung / Blind Audit / Verpacken	1,60
<b>Nacharbeit TV + HF - Teile, OP 1</b>		<b>1,38</b>
	Rep.-Anteil TV/HF-Teile	0,50
	Nacharbeit ZZG- FS - Fügen/Verkleben	0,22
	B&O -Fügen LS-Ring; Blende LS mit Gummiring	0,24
	Nacharbeit PIN AAL HT zwicken	0,12
	Behälterwechsel im Schnitt 3 KLT	0,30

## Anhang A 3: Arbeitsvorgangbeschreibung und Zeiterfassung des 2-Schichtbetriebs ( 1 )

ARBEITSPLAN SEQUENZFERTIGUNG AUDI Q5 / 2-Schichtbetrieb		
BASISDATEN		
Fzg. / AT NETTO [Stück]	520	
Betriebszeit [min]	418	
Fzg. / Schicht [Stück]	260	
Kundentakt ohne Ausschuss [min]	1,61	
Bereich	Arbeitsvorgangbeschreibung	te/Fz in min
<b>Kommissionierung VT, OP 1</b>		<b>1,60</b>
Kommissionierung AAL VM VT		0,29
	Label für 1 Fzg. VT Vorlegen	0,04
	Griffschale	0,07
	Kabelsatz	0,08
	AL	0,11
Kommissionierung für Stanzen VT		1,31
	2 Träger oben VT vorlegen 16% LA-L	0,21
	2 Träger oben VT prüfen; auf AT vorlegen	0,12
	2 Träger oben VT labeln	0,16
	2 Träger oben VT in TW legen	0,20
	Sequenzwagen tauschen, abzulaufender Weg 40m	0,41
	Sequenzwagen bestücken 37% LA-L 1 Fzg.	0,12
	Stanzen KT 100% Anteil 2 Teile	0,09
<b>Kommissionierung HT, OP 1</b>		<b>1,51</b>
Kommissionierung AAL VM HT		0,29
	Label für 1 Fzg. HT Vorlegen	0,04
	Griffschale	0,07
	Kabelsatz	0,08
	AL	0,11
Kommissionierung für Stanzen HT		1,22
	2 Träger oben HT vorlegen 16% LA-L	0,21
	2 Träger oben HT prüfen; auf AT vorlegen	0,12
	2 Träger oben HT labeln	0,16
	2 Träger oben HT in TW legen	0,20
	Sequenzwagen tauschen, abzulaufender Weg 40m	0,41
	Sequenzwagen bestücken 37% LA-L 1 Fzg.	0,12
<b>Stanzen VT + HT, OP 1</b>		<b>1,49</b>
	-2 EA Tr- Unten entstücken, Weg, auf AT ablegen, Weg Stanze	0,21
	-2 EA Tr- Oben entstücken, Weg, in TW ablegen, Weg	0,22
	-2 EA Tr- Unten auf Stanzwerkzeug positionieren	0,14
	-2 EA Tr- Unten im Stanzwerkzeug nachdrücken	0,12
	-2 EA Tr- Oben aus TW nehmen, Weg, auf Stanzwerkzeug positionieren	0,16
	-2 EA Tr- Oben im Stanzwerkzeug nachdrücken	0,14
	Prozeß auslösen ( Prozesszeit 21sek.)	0,04
	-2 EA Tr-Unten Filzen	0,46

## Arbeitsvorgangsbeschreibung und Zeiterfassung des 2-Schichtbetriebs ( 2 )

<b>Heißnieten VT + HT, OP 2</b>		<b>0,58</b>
	- TV aus Werkzeug nehmen, in TW stellen	0,17
	- Weg AT-Wz; Heissniet Wz. Bestücken mit Träger Oben,	0,2
	+ Weg Wz.-AT-Wz. Träger unten mit vorgesteckter Kartentasche einlegen	
	-EHL positionieren, verriegeln , Prozeß auslösen	0,12
	-Bereitgestellten Träger unten u. KT fügen	0,09
	- Filze 2EA aufbringen Tr. _Oben VT	0,00
	Prozesszeit	1,00
<b>Vormontage Armauflage VT, OP 1</b>		<b>1,43</b>
	Prüfen, stempeln, reinigen,rep Fs/Bfs	0,46
	Schalter fügen Fs	0,18
	Kabel fügen Fs	0,14
	GS fügen Fs	0,12
	Schalter , Kabel fügen, Bfs	0,10
	GS fügen Bfs	0,09
	Verschrauben Fs/Bfs	0,19
	Labeln bereitstellen Fs/Bfs	0,15
<b>Vormontage Armauflage HT, OP 1</b>		<b>1,21</b>
	Prüfen, stempeln, reinigen,rep	0,46
	Schalter , Kabel fügen	0,21
	GS fügen	0,20
	Verschrauben	0,19
	Labeln bereitstellen	0,15
<b>Endmontage Türverkleidung VT + HT, OP 4</b>		<b>1,54</b>
	-TV holen, in EMG positionieren	0,09
	AA holen	0,08
	AA -Kabel durchführen, AA positionieren	0,16
	Verliersicherung clipsen	0,04
	Tib positionieren	0,07
	EMG verriegeln, EMG drehen	0,00
	Kabel AA fixieren	0,04
	Abdeckung auflegen	0,06
	Leuchte stecken	0,02
	AA + Abdeckung verschrauben	0,44
	Clipse fügen	0,28
	EMG drehen, entriegeln, Tv entnehmen	0,07
	- Filze 2EA aufbringen Tr. _Oben VT	0,19
<b>Endprüfung, OP 2</b>		<b>1,60</b>
	Endprüfung / Blind Audit / Verpacken	1,60
<b>Nacharbeit TV + HF - Teile, OP 1</b>		<b>1,38</b>
	Rep.-Anteil TV/HF-Teile	0,50
	Nacharbeit ZZG- FS - Fügen/Verkleben	0,22
	B&O -Fügen LS-Ring; Blende LS mit Gummiring	0,24
	Nacharbeit PIN AAL HT zwicken	0,12
	Behälterwechsel im Schnitt 3 KLT	0,30



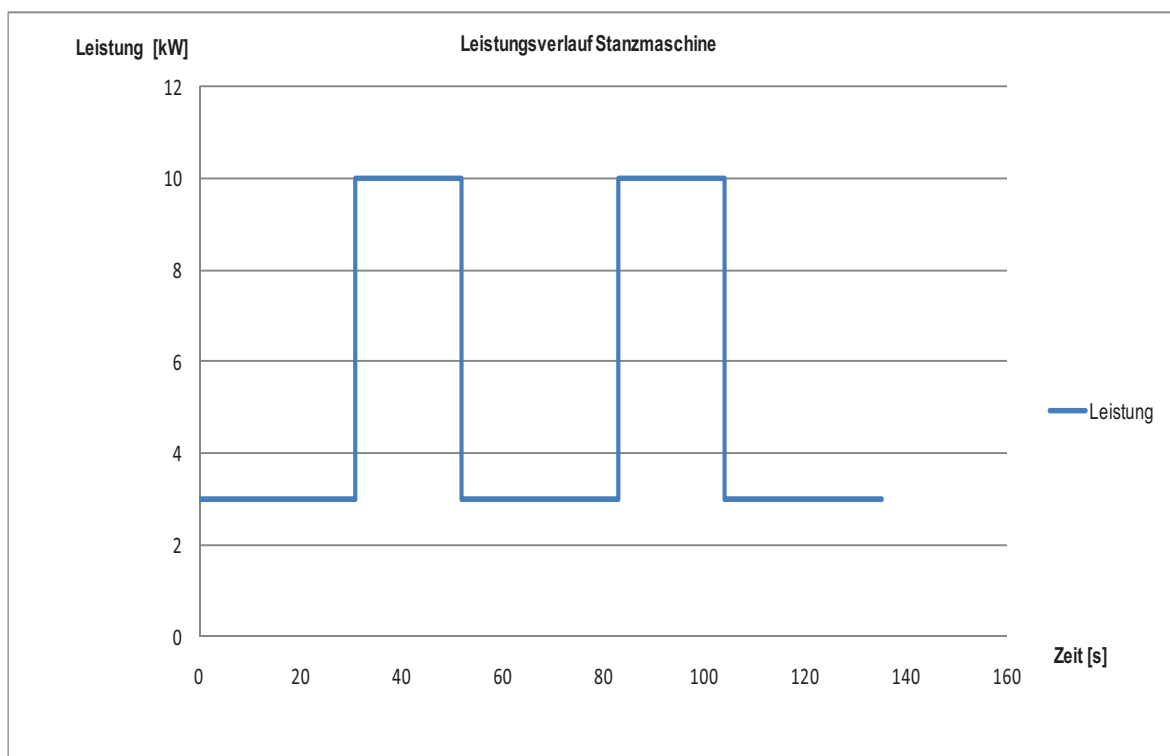
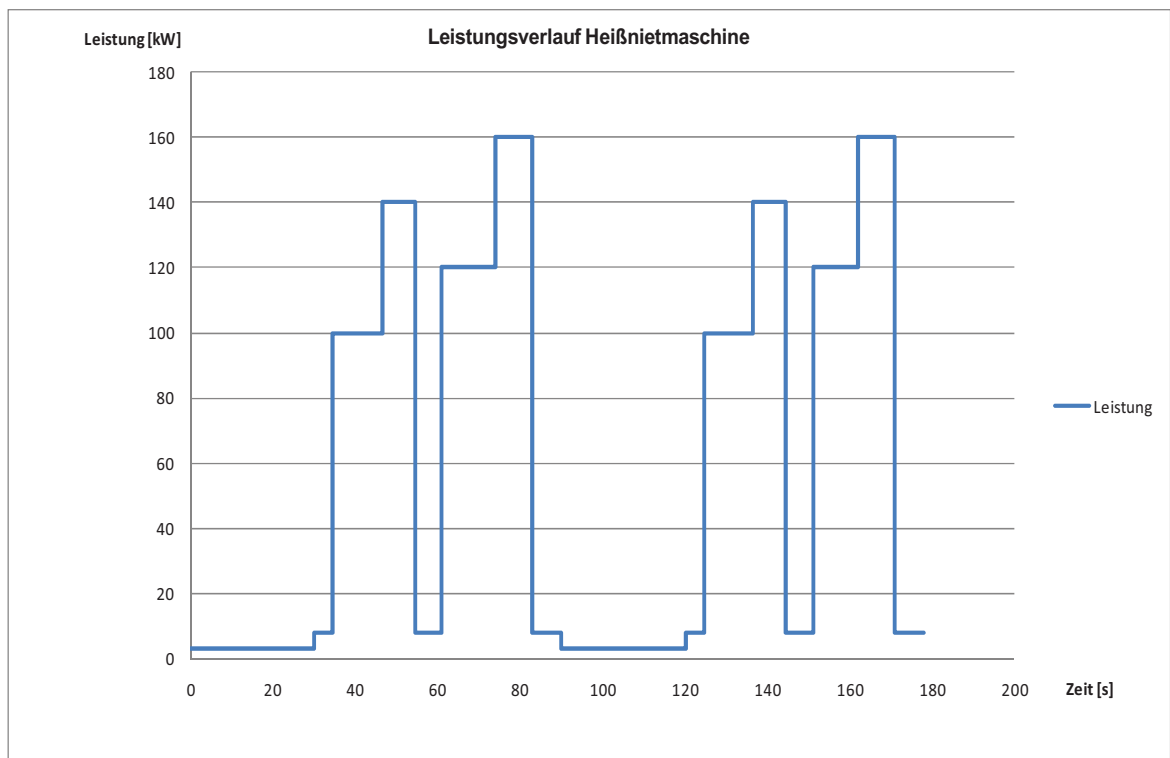
## Anhang A 4: Arbeitsvorgangbeschreibung und Zeiterfassung des 3-Schichtbetriebs ( 1 )

ARBEITSPLAN SEQUENZFERTIGUNG AUDI Q5 / 3-Schichtbetrieb		
BASISDATEN		
Fzg. / AT NETTO [Stück]	520	
Betriebszeit [min]	418	
Fzg. / Schicht [Stück]	173	
Kundentakt ohne Ausschuss [min]	2,41	
Bereich	Arbeitsvorgangbeschreibung	te/Fz in min
<b>Kommissionierung VT, OP 1</b>		<b>2,25</b>
Kommissionierung AA VM VT		0,59
	Label für 1 Fzg. VT Vorlegen	0,04
	Griffschale	0,07
	Kabelsatz	0,08
	AL	0,11
	Behälterwechsel im Schnitt 3 KLT	0,30
Kommissionierung für Stanzen VT		1,66
	2 Träger oben VT vorlegen 16% LA-L	0,21
	2 Träger oben VT prüfen; auf AT vorlegen	0,12
	2 Träger oben VT labeln	0,16
	2 Träger oben VT in TW legen	0,20
	Sequenzwagen tauschen, Weg 1 für 2 Fzg.	0,12
	Sequenzwagen bestücken 37% LA-L 1 Fzg.	0,24
	Stanzen KT 100% Anteil = 2 Teile	0,09
	FILZEN TRÄGER UNTEN VT VERSCHIEBEN	0,46
	Weg zur Stanze für 1 Fzg.	0,06
<b>Kommissionierung HT, OP 1</b>		<b>1,70</b>
Kommissionierung AA VM HT		0,59
	Label für 1 Fzg. VT Vorlegen	0,04
	Griffschale	0,07
	Kabelsatz	0,08
	AL	0,11
	Behälterwechsel im Schnitt 3 KLT	0,30
Kommissionierung für Stanzen VT		1,12
	2 Träger oben HT vorlegen 16% LA-L	0,21
	2 Träger oben HT prüfen; auf AT vorlegen	0,12
	2 Träger oben HT labeln	0,16
	2 Träger oben HT in TW legen	0,20
	Sequenzwagen tauschen, Weg 1 für 2 Fzg.	0,12
	Sequenzwagen bestücken 37% LA-L 1 Fzg.	0,24
	Weg zur Stanze für 1 Fzge	0,06
<b>Stanzen + VM AA VT, OP 1</b>		<b>2,00</b>
Vormontage AA VT		1,46
	Prüfen, stempeln, reinigen,rep Fs/Bfs	0,46
	Schalter fügen Fs	0,18
	Kabel fügen Fs	0,14
	GS fügen Fs	0,12
	Schalter , Kabel fügen, Bfs	0,10
	GS fügen Bfs	0,09
	Verschrauben Fs/Bfs	0,19
	Labeln bereitstellen Fs/Bfs	0,15
	- Weg zu Stanze VT	0,03
Stanzen VT		0,55
	-2 EA Tr- Unten entstückten, Weg, auf AT ablegen, Weg Stanze	0,11
	-2 EA Tr- Oben entstückten, Weg, in TW ablegen, Weg	0,11
	-2 EA Tr- Unten auf Stanzwerkzeug positionieren	0,07
	-2 EA Tr- Unten im Stanzwerkzeug nachdrücken	0,06
	-2 EA Tr- Oben aus TW nehmen,Weg, auf Stanzwerkzeug positionieren	0,08

## Arbeitsvorgangsbeschreibung und Zeiterfassung des 3-Schichtbetriebs ( 2 )

	-2 EA Tr- Oben im Stanzwerkzeug nachdrücken	0,07
	Prozeß auslösen ( Prozeßzeit 21sek.)	0,02
	-2 EA Tr-Unten Filzen	0,00
	- Weg zu VM AAL VT	0,03
<b>Stanzen + VM AA HT, OP 1</b>		<b>1,79</b>
Vormontage AA HT		1,24
	Prüfen, stempeln, reinigen,rep	0,46
	Schalter , Kabel fügen	0,21
	GS fügen	0,20
	Verschrauben	0,19
	Labeln bereitstellen	0,15
	Weg zur Stanze HT	0,03
Stanzen HT		0,55
	-2 EA Tr- Unten entstückten, Weg, auf AT ablegen, Weg Stanze	0,11
	-2 EA Tr- Oben entstückten, Weg, in TW ablegen, Weg	0,11
	-2 EA Tr- Unten auf Stanzwerkzeug positionieren	0,07
	-2 EA Tr- Unten im Stanzwerkzeug nachdrücken	0,06
	-2 EA Tr- Oben aus TW nehmen,Weg, auf Stanzwerkzeug positionieren	0,08
	-2 EA Tr- Oben im Stanzwerkzeug nachdrücken	0,07
	Prozeß auslösen ( Prozeßzeit 21sek.)	0,02
	-2 EA Tr-Unten Filzen	0,00
	- Weg zu VM AAL VT	0,03
<b>Heißnieten , OP 1</b>		<b>1,78</b>
	Weg von Ablage zur HN, 5m	0,06
	TV aus Wz nehmen, in TW stellen	0,10
	Weg von HN zu TW , 5m	0,06
	Weg zum Arbeitstisch, 10m	0,12
	bereitgestellten Träger unten u. Kartentasche fügen	0,07
	Weg vom AT zur HN, 5m	0,06
	Träger unten in WZ1 positionieren	0,10
	Weg von HN zur Ablage, 5m	0,06
	1 Träger oben aufnehmen	0,08
	Weg von Ablage zur HN, 5m	0,06
	Träger oben ablegen	0,08
	Träger oben positionieren	0,20
	EHL positionieren und verriegeln	0,08
	Prozess auslösen	0,02
	- 1 EA Tr-Oben Filzen	0,19
	Clipse fügen	0,28
	AA - Kabel durchführen, AA positionieren	0,16
<b>Endmontage Türverkleidung VT + HT, OP 2</b>		<b>0,92</b>
	-TV holen, in EMG positionieren	0,09
	AA holen	0,08
	AA -Kabel durchführen, AA positionieren	0,00
	Verliersicherung clippen	0,04
	Tib positionieren	0,07
	EMG verriegeln, EMG drehen	0,00
	Kabel AA fixieren	0,04
	Abdeckung auflegen	0,06
	Leuchte stecken	0,02
	AA + Abdeckung verschrauben	0,44
	Clipse fügen	0,00
	EMG drehen, entriegeln, Tv entnehmen	0,07
	zur EP bereitstellen	0,00
<b>Endprüfung, OP 2</b>		<b>1,60</b>
	Endprüfung / Blind Audit / Verpacken	1,60
<b>Nacharbeit TV + HF - Teile, OP 1</b>		<b>1,08</b>
	Rep.-Anteil TV/HF-Teile	0,50
	Nacharbeit ZZG- FS - Fügen/Verkleben	0,22
	B&O -Fügen LS-Ring; Blende LS mit Gummiring	0,24
	Nacharbeit PIN AAL HT zwicken	0,12

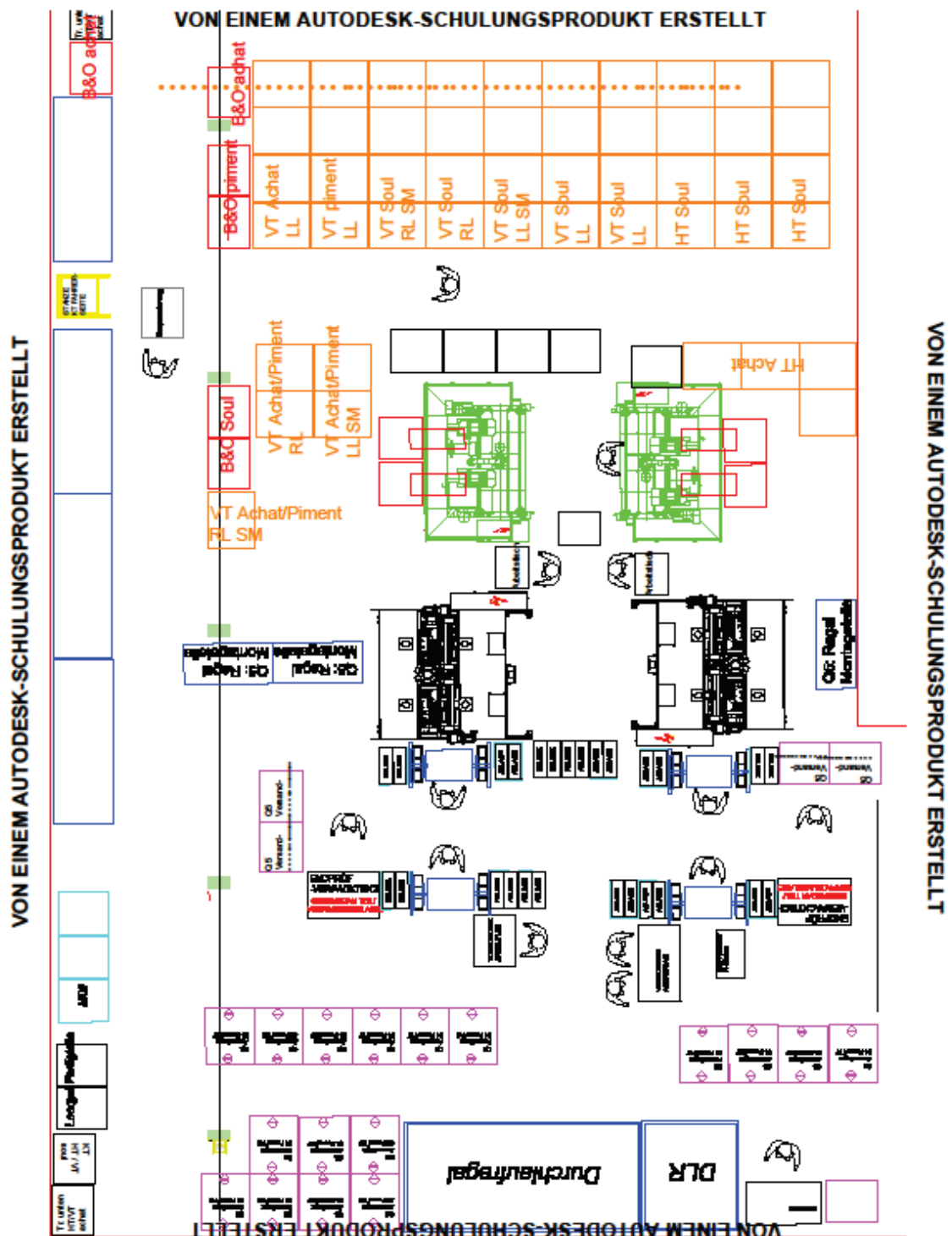
## Anhang A 5: Leistungsverlauf der Heißniet- und Stanzanlagen



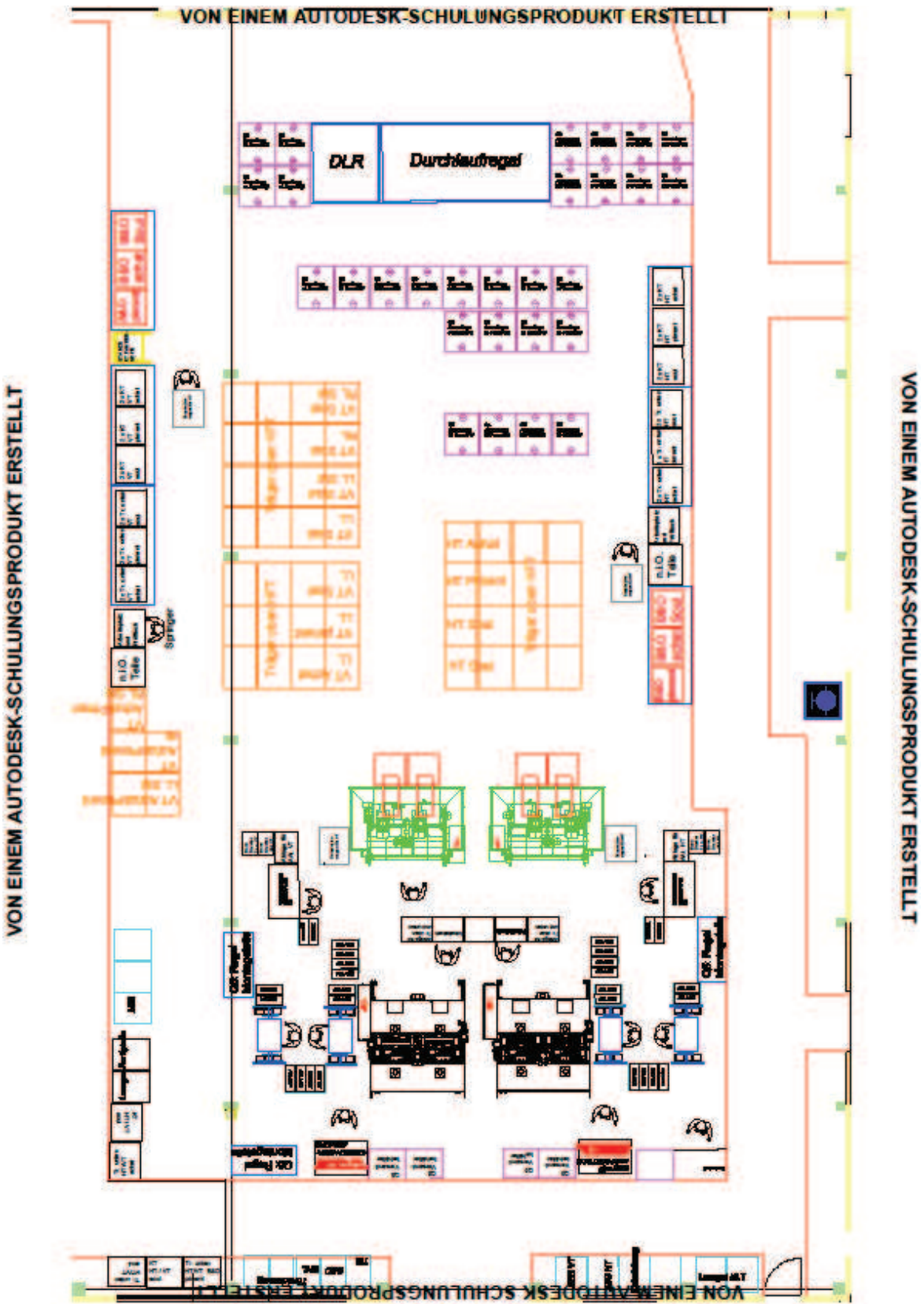
## Anhang A 6: Umbaukosten

<b>Anfallende Kosten für Umbau</b>	
Kostenstelle Stanze	
- Demontage/Montage Anschlüsse	1.200 €
- drehen, versetzen und unter Träger legen	5.500 €
- Betonieren	2.000 €
Kostenstelle Heiniete	
- drehen und versetzen	intern
- Demontage und Montage der Anschlüsse	1.200 €
Kostenstelle Beleuchtung	
- Demontage und Montage der Lampen	2.200 €
Kostenstelle sonstiges	
- Umstellen der Arbeitsplätze	
- Umstellen der Ablagen	
- Umstellen sonstiger Geräte und Behälter	
- Demontage und Montage Elektrik	
	5.400 €
Kostenstelle Zukauf	
+ 2 Servierwagen	950 €
<b>Summe</b>	<b>18.450 €</b>

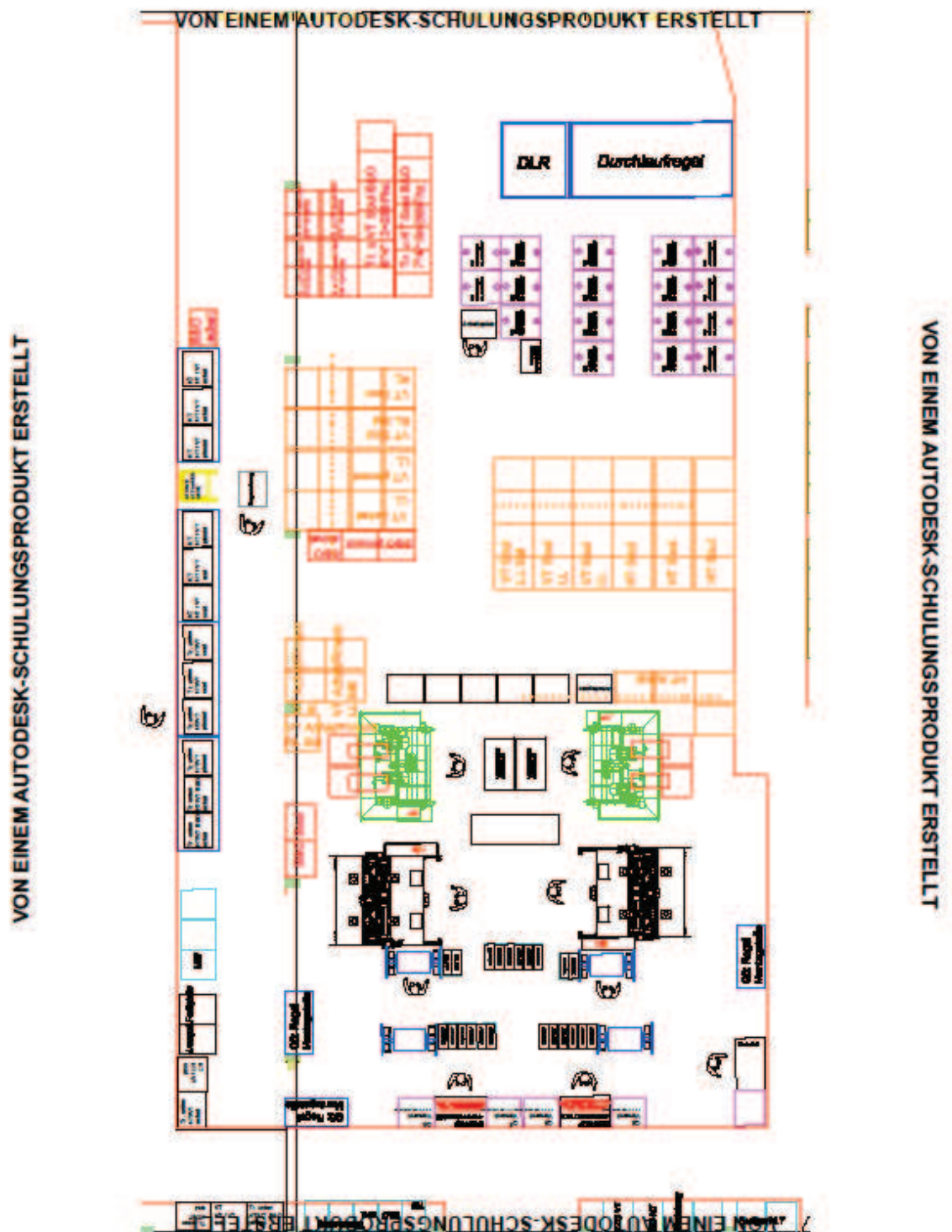
## Anhang A 7: Layout Ist-Zustand



Anhang A 8: Layout Konzept 1



## Anhang A 9: Layout Konzept 2







## 11 Literaturverzeichnis

Art, S. (2005). *Produktionssysteme glätten Anleitung zur Lean Production nach dem Pull-Prinzip - angepasst an die Kundennachfrage* (Deutsche Ausg.). Mannheim: Druckerei Schwörer.

Brockhaus. (1994). *Brockhaus Enzyklopädie* (19. Ausg., Bd. 24). Mannheim: F.A. Brockhaus GmbH.

Bronner, A. (1964). *Vereinfachte Wirtschaftlichkeitsrechnung*. Berlin: Beuth.

Dickmann, P. (2007). *Schlanker Materialfluss mit Lean Production, Kanban und Innovationen* (1. Ausg.). Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag.

Ekbert, H., & Draeger, W. (1999). *Handbuch Betriebswirtschaft für Ingenieure* (3. Ausg.). Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag.

Erlach, K. (2007). *Wertstromdesign Der Weg zur schlanken Fabrik* (1. Ausg.). Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag.

Eversheim, W. (1997). *Organisation in der Produktionstechnik Arbeitsvorbereitung* (3. Ausg.). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.

Johnson Controls. (5. Mai 2011). Präsentation Global Interiors BU / GPC Door Trim Panel.

Mike, R., & Harris, R. (2006). *Kontinuierliche Fließfertigung organisieren Praxisleitfaden zur Einzelstück-Fließfertigung für Manager, Ingenieure und Meister in der Produktion* (Deutsche Ausg.). Mannheim: Druckerei Schwörer.

Rother, M., & Shook, J. (2004). *Sehen lernen mit Wertstromdesign die Wertschöpfung erhöhen und Verschwendung beseitigen* (Deutsche Ausg.). Mannheim: Druckerei Schwörer.



## 12 Quellenverzeichnis

A. T. Kearney. (5. Januar 2011). *www.atkearney.de*. (A. T. Kearney, Herausgeber)  
Abgerufen am 21. März 2011 von [www.atkearney.de](http://www.atkearney.de):  
[http://www.atkearney.de/content/veroeffentlichungen/pressemitteilungen\\_detail.php/id/51284](http://www.atkearney.de/content/veroeffentlichungen/pressemitteilungen_detail.php/id/51284)

BGBI., I. (15. Juli 2009). *Bundesministerium der Justiz*. (B. d. Justiz, Herausgeber)  
Abgerufen am 17. April 2011 von <http://www.gesetze-im-internet.de/arbzg/BJNR117100994.html>

BHO. (14. März 2001). *juris Das Rechtsportal*. Abgerufen am 2. Mai 2011 von  
[http://vwvbund.juris.de/bsvwvbund\\_14032001\\_II-htm#ivz8](http://vwvbund.juris.de/bsvwvbund_14032001_II-htm#ivz8)

Johnson Controls, Inc. (2011). *Johnson Controls*. (I. Johnson Controls, Herausgeber)  
Abgerufen am 16. März 2011 von <http://www.johnsoncontrols.de/publish/de/de.html>

Wikipedia. (16. Juli 2011). *Wikipedia*. Abgerufen am 20. Juli 2011 von  
<http://de.wikipedia.org/wiki/Wasserverbrauch>



## 13 Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Ronny Baumann

Grünhain-Beierfeld, 25.07.2011